

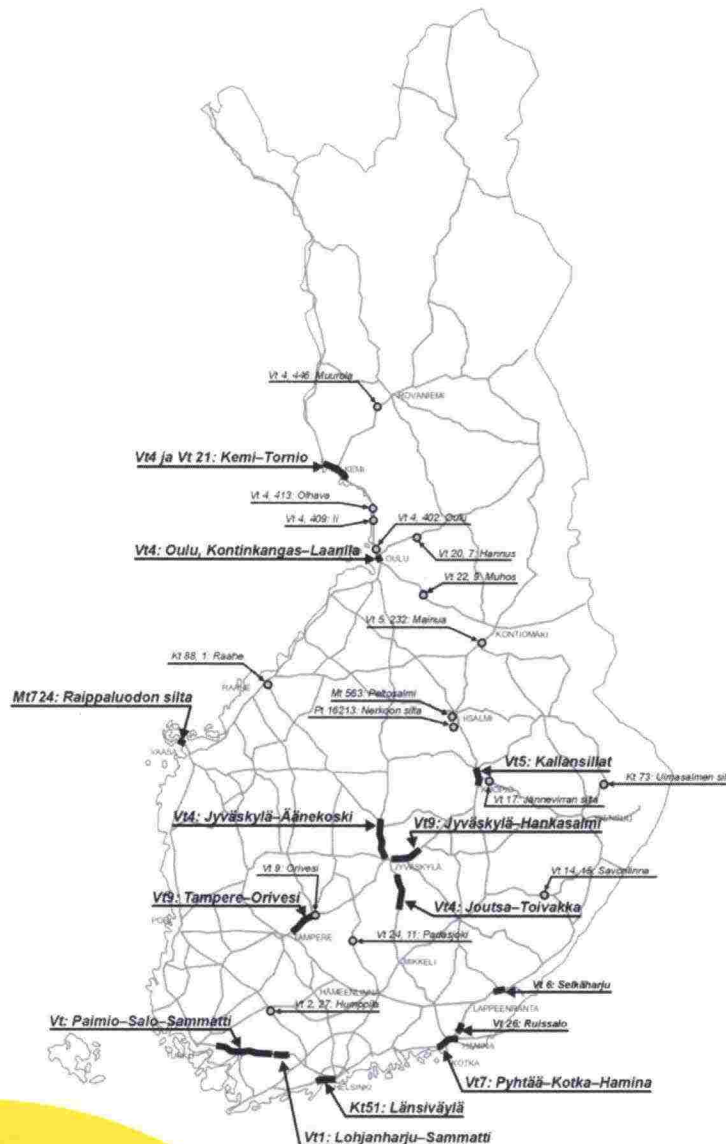


TIEHALLINTO

Pirkko Rämä, Anna Schirokoff, Riikka Rajamäki

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus

Tiehallinnon selvityksiä 54/2003



Jakelun mukaan

SAATE

1 (2)

17.2.2004

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus

Lähetän ohessa tiedoksenne Tiehallinnon tutkimusohjelmassa, liikenteen hallinnan tutkimusteeman osana valmistuneen selvityksen "Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus".

Tässä tutkimuksessa arvioitiin ensimmäistä kertaa sään ja kelin mukaan muutettavien nopeusrajoitusten vaikutusta liikenneturvallisuuteen tarkastelemalla tapahtuneita onnettomuuksia. Lisäksi raportissa kuvataan Suomessa yleisillä teillä kesään 2003 mennessä toteutetut muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmät ja ehdotetaan parannuksia muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien ohjauspolitiikkaan liikenneturvallisuuden kannalta.

Tutkimuksessa saadut tulokset ovat suuntaa-antavia. Hyvään ja tarpeeksi kattavaan liikennöintiolosuhteiden seurantatietoon perustuvat laadukkaat, pitkälle automatisoidut muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmät näyttävät parantavan liikenteen turvallisuutta, vaikka järjestelmillä tavoitellaan myös sujuvuuden paranemista nostamalla nopeusrajoituksia hyvissä olosuhteissa.

Tuotepäällikkö
Liikenteen hallinta

Eini Hirvenoja

LIITTEET

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus, Tiehallinnon selvityksiä 54/2003

JAKELU

Tiehallinto, tiepiirit ja liikennekeskus

Eero Karjaluo

U: Mirja Noukka, Pekka Rajala, Leo Koivula, Maarit Saari, Jyri Mustonen, Rita Piirainen

T: Juha Ylikorpi, Toivo Javanainen, Reijo Hörkkö, Pekka Jokela

H: Tenho Aarnikko, Heikki Ikonen, Mauri Pukkila

SK: Raimo Kaikkonen, Petri Keränen, Matti Tuiremo

KeS: Taisto Halttunen, Pirkko Kanerva, Hannu Keralampi, Kari Keski-Luopa, Seppo Kosonen

17.2.2004

KaS: Jaakko Myllylä (2 kpl), Yrjö Pilli-Sihvola, Kimmo Toivonen, Ari Tuomainen, Petteri Portaankorva, Antti Rinta-Porkkunen

V: Erkki Grekkilä, Anders Östergård, Veijo Voutilainen, Juhani Salonen

O: Hannu Tolonen, Risto Leppänen, Erkki Myllylä

L: Ulla Karvonen, Jukka Jääskö, Raimo Raatikainen, Tapani Pöyry

Lk: Marketta Udelius, Mauri Pyykönen, Veli-Pekka Pelttari, Juhani Miettälä, Petri Rönneikkö

Tiehallinto, keskushallinto

LP: Magnus Nygård, Lea Virtanen, Kari Hiltunen, Sami Luoma, Jorma Heilin, Esko Hyytiäinen

S: Saara Toivonen, Eeva Linkama, Olli Penttinen, Ulla Priha

TP: Juhani Mänttari, Mikko Karhunen, Jukka Isotalo

OH: Aulis Nironen, Jani Saarinen

A: Outi Ryyppö

TI: Seppo Oinonen, kirjasto (13 kpl)

HA: Markku Teppo

Liikenne- ja viestintäministeriö

Matti Roine, Anna-Liisa Tarvainen, Seppo Öörni, Armi Vilkmán-Vartia

Poliisi

Timo Ajaste, Markku Palsio, Pentti Nevala

VTT, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Risto Kulmala, Pirkko Rämä, Anna Schirokoff, Riikka Rajamäki

TKK

Matti Pursula, Timo Ernvall

Tampereen tekninen yliopisto, Liikenne- ja kuljetustekniikka

Lappeenrannan tekninen yliopisto, Tuotantotalouden osasto, Logistiikka

Suomen Kuorma-autoliitto

Autoliitto

Liikenneturva

LT-Konsultit

Maa ja Vesi

Matrex

SITO-Konsultit

Suunnittelukeskus

JP-Transplan

Plaana

Liidea

Linea Konsultit

Suunnittelukymppi

Strafica

Traficon

Ramboll

Sabik

Tieliikelaitos, konsultointi

Eini Hirvenoja

Pirkko Rämä, Anna Schirokoff, Riikka Rajamäki

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus

Tiehallinnon selvityksiä 54/2003

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-154-1
TIEH 3200841

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISSN 1459-1553
ISBN 951-803-155-X
TIEH 3200841-v

Edita Prima Oy
Helsinki 2003

Julkaisua myy:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
puhelin 020 450 011
telefaksi 020 450 2470



TIEHALLINTO
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 22 150

Asiasanat: muuttuvat opasteet, nopeusrajoitukset, onnettomuusriski, vaikutusselvitykset
Aiheluokka: 20, 22, 81

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, miten sään ja kelin mukaan muutettavat nopeusrajoitukset vaikuttavat liikenneturvallisuuteen. Lisäksi tavoitteina oli kuvata yleisillä teillä käytössä olevat muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmät Suomessa ja ehdottaa, miten ohjauspolitiikkaa voitaisiin parantaa liikenneturvallisuuden näkökannasta. Työssä on esitelty kesään 2003 mennessä Suomessa toteutetut järjestelmät, rakentamiseen vaikuttaneita tekijöitä, ohjaustapaa ja -politiikkaa sekä käytettyjä tekniikoita.

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien vaikutuksia liikenneturvallisuuteen selvitettiin vertaamalla henkilövahinko-onnettomuusriskiä kohteissa ennen ja jälkeen järjestelmien rakentamisen. Tulos suhteutettiin yleiseen liikenneturvallisuuden muuttumiseen vertaamalla sitä onnettomuusriskin muuttumiseen vastaavana ajankohtana vastaavantasoisilla teillä, joille järjestelmiä ei ollut rakennettu. Järjestelmien vaikutuksia tarkasteltiin erikseen kesä- ja talvikausilla. Tarkasteltu ajanjakso oli kesästä 1990 talvikauteen 2001–2002.

Tarkastellut osuudet olivat kaksikaistaisia sekaliikenneteitä. Kohteiden pituus vaihteli kahdeksasta kilometristä 41 kilometriin. Järjestelmistä puolet perustui kuituoptisiin tai LED-merkkeihin ja puolet sähkömekaanisiin muuttuviin liikennemerkkeihin. Kuituoptisia merkkejä ohjattiin joko automaattisesti tai manuaalisesti suosituslaskentaan perustuen. Sähkömekaanisia merkkejä ohjattiin yleisesti ilman suosituslaskentaa.

Tutkimusaineistoissa satunnaisvaihtelu oli suuri suhteessa aineistojen koon, joten tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Täten tuloksia on tarkasteltava vain suuntaa antavina. Näyttää siltä, että E18-tien kuituoptisia tai LED-merkkejä ja suosituslaskentaa käyttävät järjestelmät pienensivät henkilövahinko-onnettomuusriskiä talvella keskimäärin 13 % ja kesällä keskimäärin 2 %. Näihin järjestelmiin kuului myös muuttuvia varoitusmerkkejä. Sähkömekaanisia merkkejä käyttävät järjestelmät valtateillä 4 ja 9, joista vain yhdessä oli osittain käytössä suosituslaskenta, lisäsivät henkilövahinkoonnettomuuden riskiä talvella keskimäärin 8 % ja kesällä keskimäärin 21 %. Tämän ryhmän kohteiden välillä oli suuria keskinäisiä eroja, kuitenkin niin, että vain yhdessä kohteessa turvallisuus näytti parantuneen talvella. Valtateiden 4 ja 9 järjestelmiä ja niiden ohjausperiaatteita pitää kehittää liikenneturvallisuus huomioon ottaen.

Johtopäätös on, että E18-tien muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmät näyttävät parantavan liikenteen turvallisuutta, vaikka järjestelmillä tavoitellaan myös sujuvuuden paranemista nostamalla nopeusrajoituksia hyvissä olosuhteissa. Järjestelmien ominaisuuksien ja käytön dokumentointiin on syytä kiinnittää entistä enemmän huomiota. Ehdotetaan tiedon keruun jatkamista tilastollisesti varmojen tulosten saamiseksi.

Pirkko Rämä, Anna Schirokoff, Riikka Rajamäki: Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus. [Safety effects of variable speed limit systems] Helsinki 2003. Finnish Road Administration, Planning Process. Finnra Reports 54/2003. 46 p. + app. 8 p. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-154-1, TIEH 3200841

Keywords: variable message signs, speed limits, accident risk, impact evaluation

Category: 20, 22, 81

SUMMARY

The main purpose of this study was to investigate the effects of weather controlled speed limits on traffic safety. In addition, the variable speed limit systems on public roads in Finland were described; and when necessary, suggestions were made to improve the control policies from the traffic safety point of view. The report describes deployments implemented before the summer of 2003, reasons for the implementations, control policies and control systems and the technology used in signs.

The analysis was based on comparison of the injury accident risk on the road sections before and after implementation of the variable speed limits. Same types of roads with fixed speed limits were used to control the general trend in the injury accident risk. The effects on injury risk were studied separately for winter and summer seasons. The follow up period was from the summer 1990 to the winter season 2001–2002.

The evaluation study included eight two-lane road sections. The length of the equipped sections varied from 8 to 41 km. In the main analysis, eight VMS systems were divided into two groups (four deployments in each) based on sign technology, degree of automation and use of variable warning signs.

The variation in the accident data was considerable compared with the size of the data. Therefore, the results were not statistically significant. The suggestive results showed that speed limit systems which use fibre optic or LED signs, base the control on automatic classification of road condition situations, and include variable slippery warning signs, seem to decrease the injury accident risk by 13% in winter and by 2% in summer. The other four systems used electromechanical signs, had no automatic classification system for the control of the speed limits, and did not include any variable warning signs. In this group, the safety was reduced, the effect on injury accident risk being +8% in winter and +21% in summer.

It is suggested that the control policy and degree of automation should be developed for those systems which did not improve traffic safety. However, the suggestive results showed that the high quality systems with elaborate control system seemed to decrease the injury accident risk especially in winter. These systems seemed to increase traffic safety even though they also improve the fluency of traffic flow under good conditions. Lastly, it is suggested to continue the data collection to get significant results. In the future, more care should be taken to the documentation of the properties and the use of the systems.

ESIPUHE

Tiehallinnolla on muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmiä useassa eri kohteessa, talveen 2003 mennessä yhteensä noin 310 tiekilometrillä. Järjestelmien tavoitteena on ollut liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden parantaminen. Koska koeosuudet ovat lyhyitä ja onnettomuudet harvinaisia tapahtumia, järjestelmien vaikutuksia liikenneturvallisuuteen on tähän mennessä arvioitu välillisesti liikenteen nopeusmuutoksen avulla. Tässä tutkimuksessa on ensimmäistä kertaa arvioitu sään ja kelin mukaan muutettavien nopeusrajoitusten vaikutusta liikenneturvallisuuteen tarkastelemalla tapahtuneita onnettomuuksia.

Tutkimuksen tekivät erikoistutkija Pirkko Rämä ja tutkijat Anna Schirokoff ja Riikka Rajamäki VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta. Tutkimusprofessori Risto Kulmala osallistui työhön aineistojen analysointi- ja kirjoitusvaiheessa. Raportin käsikirjoituksen kommentoivat erikoistutkija Harri Peltola ja tutkija Satu Innamaa.

Työ tehtiin Tiehallinnon toimeksiannosta. Työtä ohjasivat Eini Hirvenoja (pj.), Magnus Nygård, Yrjö Pilli-Sihvola ja Saara Toivonen.

Tietoja järjestelmistä ja niiden historiasta antoivat sekä kirjallisesti että suullisesti Erkki Greggila, Taisto Halttunen, Raimo Kaikkonen, Pirkko Kanerva, Ulla Karvonen, Hannu Keralampi, Jaakko Myllylä, Juhani Mänttari, Mirja Noukka, Yrjö Pilli-Sihvola, Mauri Pyykönen, Pekka Rajala, Hannu Tolonen, Kimmo Toivonen, Ari Tuomainen, Marketta Udelius ja Juha Ylikorpi. Kiitokset heille vaivannäöstä.

Helsingissä, joulukuussa 2003

Tiehallinto
Palvelujen suunnittelu

Sisältö

1	TAUSTA JA TAVOITTEET	7
1.1	Johdanto ja tavoite	7
1.2	Taustaa	8
2	MUUTTUVAT NOPEUSRAJOITUSJÄRJESTELMÄT SUOMESSA	11
2.1	Yleistä	11
2.2	Sää- ja keliohjatut järjestelmät	14
2.3	Sää- , keli- ja liikennetieto-ohjatut järjestelmät	20
2.4	Muut järjestelmät	21
3	TUTKIMUSASETELMA JA -AINEISTO	24
3.1	Tutkimusasetelma	24
3.2	Aineistot	24
3.3	Liikennemäärätiedot	26
3.4	Onnettomuudet	27
4	TULOKSET	29
5	TARKASTELU	35
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
7	LIITTEET	46

1 TAUSTA JA TAVOITTEET

1.1 Johdanto ja tavoite

Tiehallinnolla on muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmiä useassa eri kohteessa, talveen 2003 mennessä yhteensä noin 310 tiekilometrillä. Ensimmäiset järjestelmät on otettu käyttöön jo 1990-luvun alussa ja viimeisimmät tämän vuosituhannen puolella. Sen lisäksi yksittäisiä muuttuvia merkkejä on käytetty 1980-luvulta alkaen. Tällä hetkellä niitä on yleisillä teillä 15 kohteessa. Järjestelmien yhteinen piirre on nopeusrajoitusten muuttaminen sään ja kelin mukaan. Järjestelmissä käytetään ulkonäöllisesti kahta eri merkkityyppiä ja useita eri ohjausperiaatteita. Liikennetieto-ohjauksen yhdistämistä sää- ja keliohjaukseen on selvitetty (Schirokoff ym. 2000), ja se on tähän mennessä myös toteutettu viidessä järjestelmässä.

Järjestelmien tavoitteena on ollut liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden parantaminen. Tiehallinnon tavoitteena on ollut ottaa muuttuvia järjestelmiä käyttöön vähitellen ja saatujen kokemusten perusteella tehdä päätökset järjestelmien mahdollisesta laajemmasta käytöstä (Tielaitos 1999a). Tämän periaatteen mukaisesti muuttuvia nopeusrajoitusjärjestelmiä on rakennettu suhteellisen lyhyille koetiejaksoille.

Koska koeosuudet ovat lyhyitä ja onnettomuudet harvinaisia, ei järjestelmien vaikutuksia liikenneturvallisuuteen ole tähän mennessä voitu arvioida suoraan onnettomuuskriteeriä käyttäen. Joidenkin järjestelmien turvallisuusvaikutuksia on arvioitu välillisesti tutkimalla järjestelmän vaikutusta liikennekäyttäytymiseen ja arvioimalla lähinnä nopeusmuutoksia. Tähänastisten kokeilujen tärkeitä tavoitteita ovat olleet myös ohjausjärjestelmien kehittäminen, käyttövarmuuden arvioinnit ja kuljettajien hyväksynnän selvittäminen. Muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöä kasvaessa kertyy koko ajan lisää aineistoa mm. koetieosuuksien onnettomuuksista. Kun kokemuksia käytöstä alkaa olla useasta järjestelmästä, voidaan muuttuvien nopeusrajoitusten turvallisuusvaikutuksia tarkastella myös yhdistämällä eri puolella maata olevien järjestelmien tiedot.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli (1) kuvata käytössä olevat muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmät Suomessa, (2) selvittää, miten sään ja kelin mukaan muutettavat nopeusrajoitukset vaikuttavat liikenneturvallisuuteen ja (3) tarvittaessa ehdottaa, miten ohjauspolitiikkaa voitaisiin parantaa liikenneturvallisuuden kannalta. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa muuttuvien nopeusrajoitusten merkitystä nopeusrajoitusjärjestelmän kannalta.

Tässä raportissa onnettomuusriskillä tarkoitetaan henkilövahinkoon johtavien onnettomuuksien määrää sataa miljoonaa ajoneuvokilometriä kohden.

1.2 Taustaa

Kiinteiden nopeusrajoitusten vaikutuksesta ajonopeuteen ja liikenneturvallisuuteen on tehty useita tutkimuksia. Ranta ja Kallberg (1996) analysoivat vuosina 1960–1995 tehtyjä onnettomuustilastoihin perustuvia nopeusrajoitustutkimuksia. Tutkimustuloksiin perustuen rajoituksen muuttaminen 20 km/h on tyypillisesti vaikuttanut keskinopeuteen 4–8 km/h. Aikaisempiin tutkimustuloksiin perustuvan mallin mukaan keskinopeuden aleneminen 1 km/h vähentää henkilövahinko-onnettomuuksia keskimäärin 2,5 %, ja vastaava keskinopeuden kasvu lisää onnettomuuksia 3,7 % (Ranta ja Kallberg 1996).

Suomessa nopeusrajoitusten vaikutuksia ajonopeuteen ja turvallisuuteen on tutkittu etenkin vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeiluissa. Vuosien 1987–1989 kokeilussa rajoituksen alentaminen 20 km/h alensi kaikkien autojen nopeutta noin 4 km/h (Peltola 1991a). Rajoituksen 100 km/h alentaminen talvikuukausiksi 80 km/h:iin vähensi kaikkia onnettomuuksia 14 %. Vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksiin oli 11 %, mutta tämä muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Peltola 1991b). Myöhemmin tehdyssä seurannassa todettiin henkilövahinko-onnettomuuksien vähentyneen tilastollisesti merkitsevästi, uskottavimmin jopa 28 % talvirajoitusten vaikutuksesta (Peltola 1997).

Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia liikennekäyttäytymiseen on tutkittu muutamassa kohteessa. Vaikutukset ovat olleet suuruudeltaan suunnilleen samat kuin kiinteiden nopeusrajoitusten vaikutukset. Toisaalta on todettu, että muuttuva kuituoptyisella merkillä liittymässä alennettu nopeusrajoitus alensi keskinopeutta enemmän kuin kiinteällä merkillä osoitettu rajoitus (Rämä, Luoma ja Harjula 1999).

Valtatiellä 7 vaikutuksia on tutkittu moottoritiellä, moottoriliikennetiellä ja sekaliikennetiellä. Esimerkiksi moottoritiellä, jossa kesällä maksimirajoitus on 120 km/h ja talvella 100 km/h, nopeusrajoituksen alentaminen talvella 80 km/h:iin huonolla säällä ja kelillä alensi koko liikenteen keskinopeutta 2,5 km/h kelin vaikutuksen lisäksi (Rämä 1997 ja 2001). Alhainen nopeusrajoitus oli käytössä noin 20 % tutkitusta ajasta, ja tänä aikana keskinopeuden muutos vastaisi noin 8 %:n vähentymistä onnettomuuksissa. Samoin kuin vuodenajan mukaan vaihtuvien nopeusrajoitusten kokeilussa muuttuvat nopeusrajoitukset pienensivät myös nopeuksien hajontaa.

Valtateiden 7 ja 1 sekaliikennetieosuuksilla nopeusrajoitusta oli mahdollista alentaa huonolla kelillä 60 km/h:iin mutta myös nostaa 100 km/h:iin hyvissä olosuhteissa. Nopeusrajoituksen nostaminen lisäsi keskinopeutta hyvällä kelillä valtatiellä 7 noin 4 km/h (Rämä ym. 1999) ja valtatiellä 1 noin 6 km/h (Hautala ym. 2001). Tutkimustalvina ko. teillä käytettiin 100 km/h -nopeusrajoitusta noin 10 % ajasta. Mikäli nopeusrajoitus nostettiin ohjausperiaatteen (liite 1) vastaisesti normaalilla tai huonolla kelillä vaikutukset olivat suu-

rempia kuin hyvällä kelillä. Tämä tulos korostaa muuttuvien nopeusrajoitusten ohjauksen toimintavarmuuden ja virheettömyyden tärkeyttä. Kuituoptiset muuttuvat liikennemerkkit sellaisenaan näyttävät korottavan keskinopeutta vähän, vaikkei nopeusrajoitusta korotettaisikaan verrattuna aikaisempaan tilanteeseen (Hautala ym. 2001, Rämä ym. 1999).

Edellä mainituissa tutkimuksissa, jotka koskivat muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia liikennekäyttäytymiseen, muuttuvat merkit olivat ulkonäöltään selvästi perinteisistä liikennemerkeistä poikkeavia kuituoptisia merkkejä, ja ohjaus perustui suosituslaskentaan. *Suosituslaskenta tarkoittaa, että järjestelmä määrittää automaattisesti tiesäättietiedoista keliluokan, minkä jälkeen joko järjestelmä automaattisesti asettaa käytettävän nopeusrajoituksen tai antaa päivystäjälle suosituksen käytettävästä rajoituksesta, mikä päivystäjän tulee manuaalisesti hyväksyä.* Lisäksi järjestelmissä oli käytössä muuttuvia kelimerkkejä. Huonosta kelistä varoittavan muuttuvan merkin keskinopeutta alentava vaikutus oli noin 3 km/h, ja merkit varoittivat huonosta kelistä tutkimustalvina 3–4 % ajasta (Hautala ym. 2001, Rämä ym. 1999).

Useassa tutkimuksessa on todettu, että muuttuva nopeusrajoitus (myös tavanomaisesta poikkeava rajoitusarvo) muistettiin hyvin (86–95 %) ja että kuljettajat pitivät järjestelmiä hyvinä ja tarpeellisina (95 %) (Hautala ym. 2001, Rämä ym. 1999, Rämä 1997).

Osa järjestelmistä on toteutettu ilman suosituslaskentaa ja liikennemerkeissä värit ovat samat kuin kiinteissä nopeusrajoitusmerkeissä. Ulkonäöllisesti muuttuvat sähkömekaaniset merkit erottuvat kiinteistä merkeistä ainoastaan päiväloistekalvon ja taustalevyn avulla. Näiden järjestelmien vaikutuksia kuljettajakäyttäytymiseen ei ole tutkittu yhtä laajasti kuin kuituoptisten merkkijärjestelmien vaikutuksia. Haastattelututkimusten perusteella myös nämä nopeusrajoitukset muistettiin hyvin ja kuljettajat pitivät järjestelmiä tarpeellisina (Schirokoff ja Vitikka 2001).

Verrattaessa yksittäisen kuituoptisen ja päivänloistekalvolla varustetun sähkömekaanisen nopeusrajoitusmerkin (ks. kuva 1) vaikutuksia (Penttinen ym. 2000) todettiin, että merkkien vaikutukset eivät eronneet valoisaan aikaan toisistaan. Pimeällä kuituoptiset merkit muistettiin kuitenkin paremmin. Kuituoptisella merkillä osoitettua nopeusrajoitusta noudatettiin lisäksi paremmin kuin sähkömekaanisella merkillä osoitettua.

Sää- ja kelitiedon perusteella ohjattujen muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmiä on toteutettu ja vaikutuksia arvioitu myös esimerkiksi Hollannissa ja Saksassa. Tärkeä ohjausperuste näissä on ollut nopeuden alentaminen sumun aikana. Hollantilaiset arvioivat järjestelmän pienentäneen keskinopeutta 8–10 km/h, kun nopeusrajoitus muutettiin 100 km/h:sta 80 km/h:iin (Hogema ja van der Horst 1997). Baltz ja Zhu (1994) raportoivat muuttuvan nopeusrajoitus- ja sumuvaroitussjärjestelmän vähentäneen onnettomuuksia Saksan moottoritieolosuhteissa noin 20 %. Liikennemäärän perusteella ohjattuja jär-

jestelmiä on toteutettu useassa Euroopan maassa. Olosuhteet ruuhkaohjauksen suhteen poikkeavat kuitenkin huomattavasti suomalaisista olosuhteista. Arviot järjestelmien vaikutuksesta onnettomuuksiin vaihtelevat +9 %:sta – 35 %:iin (ETSC 1999).

2 MUUTTUVAT NOPEUSRAJOITUS- JÄRJESTELMÄT SUOMESSA

2.1 Yleistä

Muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmiä ruvettiin rakentamaan Suomeen vuonna 1992. Ensimmäisessä järjestelmässä nopeusrajoitusmerkin arvo käytiin vaihtamassa käsin paikan päällä. Nykyään osa järjestelmistä toimii automaattisesti suosituslaskentaan perustuen. Muutamia järjestelmiä ohjataan käsin ja päivystäjän päätöksenteon tukena on suosituslaskenta. Se ehdottaa päivystäjälle ohjausperiaatteen mukaista nopeusrajoitusta, jota tulisi käyttää järjestelmän automaattisesti määrittelemässä olosuhdeluokassa. Näiden lisäksi on järjestelmiä, joita liikennekeskuspäivystäjät ohjaavat omaan harkintaansa perustuen. Päätöksenteon tukena heillä on ohjeet kelin luokitteluksi käytettävissä oleviin nopeusrajoituksiin.

Osassa järjestelmiä on muuttuvien nopeusrajoitusten lisäksi muuttuvia opasteita, joilla voidaan varoittaa esimerkiksi liukkaasta ajoradasta. Näitä merkkejä on järjestelmissä, joita ohjataan joko automaattisesti tai suosituslaskentaan perustuen.

Kaikkia järjestelmiä on tarvittaessa mahdollista ohjata manuaalisesti. Alun perin muuttuvia nopeusrajoituksia ohjasi tai valvoi se tiepiiri, jonka alueella järjestelmä oli. Tarvittaessa virka-ajan ulkopuolella ohjausvastuu siirtyi toiseen tiepiiriin. Kesällä 2003 Tiehallintoa uudistettiin siten, että liikennekeskuksen toimipisteet sijaitsivat Helsingissä, Tampereella, Turussa ja Oulussa, ja järjestelmiä ohjataan näistä pisteistä.

Järjestelmät on tässä selvityksessä jaettu sää- ja keliohjattuihin järjestelmiin, sää-, keli- ja liikennetieto-ohjattuihin järjestelmiin sekä muihin järjestelmiin. Ensimmäisillä tarkoitetaan järjestelmiä, joissa nopeusrajoituksen asettaminen perustuu vallitsevaan säähän ja keliin. Tiedot olosuhteista liikennekeskus saa tiesääasemista, kelikameroista, sääennusteista ja satelliittikuvista. Tietojen perusteella olosuhteet luokitellaan yleensä kolmeen eri luokkaan: 1) hyvä tai normaali keli, 2) huono keli ja 3) erittäin huono keli (Schirokoff 2003). Olosuhteiden jako keliuokkiin ei kuitenkaan ole vielä täysin luotettavaa. Esimerkiksi, vaikka tien jäätyminen voidaan tunnistaa nykyisin uusimilla antureilla teknisesti, antureiden sijoittaminen ja niistä saatavien tietojen yleistäminen on vaikeaa.

Viime vuosina joitakin järjestelmiä on ruvettu ohjaamaan myös liikennevirran ominaisuuksien mukaan. Tällöin nopeusrajoituksen muutospäätökset perustuvat yleensä sää- ja kelitietojen lisäksi tien poikkileikkauksesta liikenteen automaattisella mittauslaitteella (LAM) kerättyihin tietoihin ajoneuvojen keskinopeuden muutoksesta. Kaikissa järjestelmissä nopeusrajoituksia alennetaan myös mahdollisissa liikenteen häiriötilanteissa.

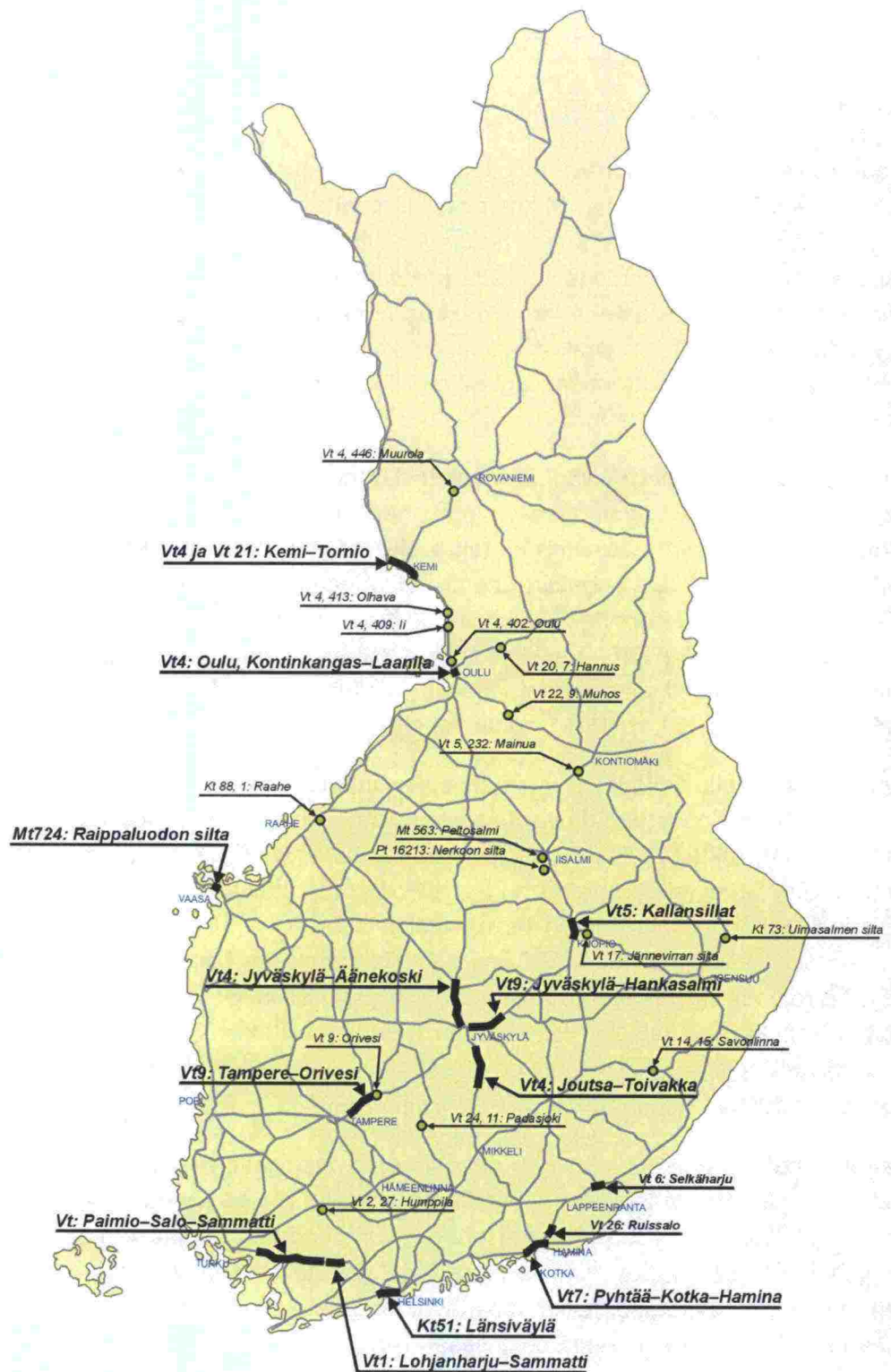
Järjestelmissä käytetään yleensä nopeusrajoituksia 100, 80 ja 60 km/h, jotka vastaavat edellä mainittuja keliluokkia. Tämä on tarkoittanut 100 km/h -nopeusrajoituksen käyttöä talvella myös suuriliikennemääräisillä tieosilla (Tielaitos, Liikennetekniikka, 1994. Nopeusrajoitukset. Helsinki)

Laajojen järjestelmien lisäksi muuttuvia nopeusrajoituksia on myös erityiskohteissa, esimerkiksi koulujen läheisyydessä tai liittymästä pääväylälle tuloa helpottamassa. Muuttuvien nopeusrajoitusten osoittamiseen käytetään kahta ulkonäöllisesti toisistaan poikkeavaa merkkityyppiä (kuva 1). Puna-musta-valkoiset merkit ovat joko kuituoptisia tai LED-merkkejä ja ne ovat itsestään valaisevia. Perinteisen väriset merkit ovat sähkömekaanisia merkkejä, joissa nopeusrajoituksen arvo muutetaan kääntämällä merkin keskellä olevia prismoja. Usein näissä käytetään lisäksi niiden havaittavuutta parantavaa päiväloistekalvoa. Useimmissa suosituslaskentaa käyttävissä järjestelmissä nopeusrajoitus on osoitettu kuituoptisella tai LED-merkillä.



Kuva 1. Muuttuvissa nopeusrajoituksissa käytetyt merkkityypit: kuituoptinen tai LED-merkki vasemmalla, sähkömekaaninen merkki oikealla.

Tässä luvussa on esitelty Suomessa yleisillä teillä käytössä olevat järjestelmät (kuva 2) (tilanne kesällä 2003), niiden rakentamiseen vaikuttaneita tekijöitä, ohjaustapaa ja -politiikkaa sekä käytettyjä tekniikoita. Kuvaukset perustuvat sekä kirjallisuuteen että Tiehallinnon henkilökunnan haastatteluihin. Yksittäisiä muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä ei ole käsitelty. Ainoastaan niiden sijainnit on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Muuttuvat nopeusrajoitusjärjestelmät ja yksittäiset muuttuvat nopeusrajoitukset Suomessa yleisillä teillä vuonna 2003. (Tilanne kesällä 2003, pallurat kuvaavat yksittäisiä muuttuvia nopeusrajoituksia.)

2.2 Sää- ja keliohjatut järjestelmät

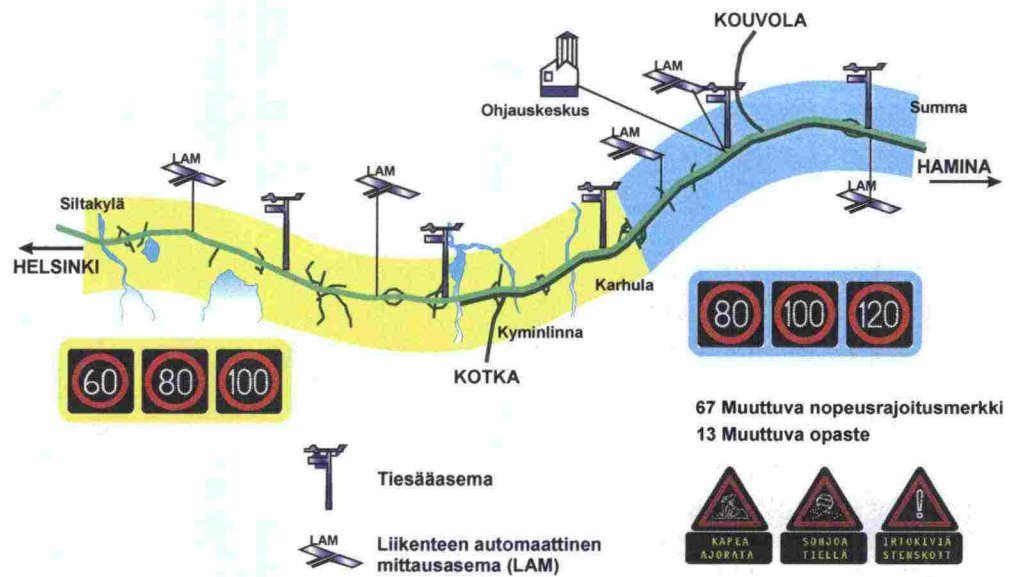
Valtatie 7, Pyhtää–Kotka–Hamina eli ns. Sääohjattu tie

Sääohjatun tien ensimmäinen osuus, Hamina–Kotka, otettiin käyttöön 3.11.1994 pääosin uudella 14 km pitkällä moottoritiejaksolla. Sääohjattuja muuttuvia nopeusrajoituksia oli ruvettu suunnittelemaan vuonna 1992. Taus-talla oli muun muassa vuodesta 1989 käytössä olleisiin talvinopeusrajoituk-siin kohdistunut kritiikki sekä tarve kehittää nopeusrajoitusjärjestelmän jous-tavuutta. Suunnitteluun osallistui tiepiiriin koko johto. Samaan aikaan oli käynnissä uuden moottoritien suunnittelu, ja se päätettiin valita konseptin kokeilukohteeksi.

Kohteen sijainti oli hyvä sääohjauksen testaamiseen, sillä meren läheisyy-dessä sää vaihtelee paljon. Lisäksi uuden tien rakentamisen yhteydessä ny-kyaikaisen tekniikan lisääminen oli taloudellisesti mahdollista. Vuoden 1997 lopulla järjestelmä laajennettiin moottoriliikennetiele ja sekaliikennetiele (Tielaitos 1996). Laajennus suunniteltiin laitostasoisesti, ja se kuului Tieliikenteen telematiikka E18 -hankkeeseen. Osuus oli koettu ongelmalliseksi, mutta sen rakenteelliseen parantamiseen ei ollut varaa. Järjestelmän koko-naispituus on nyt 25 km. (Pilli-Sihvola ja Lähesmaa 1995a ja 1995b.)

Koko Sääohjatulla tiellä on 66 kuituoptista muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä ja 13 muuttuvaa opastetta (kuva 3). Kuituoptiset merkit valittiin niiden toimin-tavarmuuden takia. Lisäksi niillä uskottiin parhaiten voitavan vaikuttaa ajo-nopeuksiin. Järjestelmän merkkien haluttiin myös erottuvan tavallisista mer-keistä. Moottoritiellä käytetään talvella rajoituksia 80 ja 100 km/h, maalisi-lokakuussa lisäksi rajoitusta 120 km/h. Yksiajorataisella osuudella voidaan käyttää rajoituksia 60, 80 tai 100 km/h. Käytännössä rajoitusta 100 km/h ei kuitenkaan käytetä talvella tien huonon geometrian takia. Ennen järjestel-män käyttöönottoa sekaliikennetien nopeusrajoitus oli 80 km/h ja moottoriliikennetien 100 km/h. (Rämä 1997, Rämä ym. 1999.)

Järjestelmää on ohjattu koko ajan pääosin automaattisesti tiesäätietojen pe-rusteella. Tämän mahdollisti tiesääasemien toimivuudesta saadut hyvät ko-kemukset (Tielaitos 1993). Lisäksi ennen käyttöönottoa tiesääasemien toi-mintaa seurattiin vuoden ajan ja havaintoja verrattiin käsimitauksiin. Seu-rannan perusteella määriteltiin tarvittavat seurantalaitteet ja havainnoista määritettävät keliluokat. Tiellä on 5 tiesääasemaa. Periaatteita on tarkistettu useaan kertaan tiesääasemien kehittymisen myötä (liite 1). Tiesääasemiin on kehitetty mm. näkyvyyttä ja sateen määrää mittaava anturi. Liikennetieto-ohjauksen liittäminen sää- ja keliohjaukseen on suunnitteilla. (Tielaitos 1997.)



Kuva 3. Kaaviokuva valtatie 7 sääohjatus tiestä.

Järjestelmästä tiedotettiin yleisölle lehdissä ja radiossa sekä ennen että jälkeen käyttöönoton. Järjestelmän vaikutuksista on tehty useita laajoja tutkimuksia, joissa on tarkasteltu vaikutuksia ajonopeuksiin ja -etäisyyksiin, kuljettajien mielipiteitä ja järjestelmän yhteiskuntataloudellisuutta. Kuljettajille kerrotaan tienvarren ilmoitustauluin jakson nopeusrajoituksia ohjattavan sää- ja kelitiedon perusteella.

Valtatie 1, Paimio–Halikko–Salo–Suomusjärvi

Muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmä Turun tiepiirissä valtatiellä 1 Salosta Suomusjärvelle (36 km) otettiin käyttöön helmikuussa vuonna 1999. Tiejaksolla on suuret korkeuserot ja vanha profiili, jossa on jyrkät ja kapeat pientareet. Liikennemäärät olivat suuret ja liikenneturvallisuus huono, vaikka turvallisuutta parantavia toimenpiteitä oli jo tehty. Lisäksi talviaikana keli vaihtelee paljon alueellisesti. Järjestelmä laajennettiin Salon länsipuolelta Halikosta Paimioon asti (18 km) marraskuussa 2000, jotta koko valtatie 1 Turun sekaliikenneosuus saatiin järjestelmän piiriin. Koko järjestelmän rakentaminen samalla kertaa ei ollut taloudellisesti mahdollista. (Hautala ym. 2001, Myllylä ja Portaankorva 1999, Aarikka 1999a, Ylikorpi 1998.)

Liikennekeskuksen päivystäjä ohjaa muuttuvia nopeusrajoituksia pääasiassa keli- ja sää tietojen perusteella. Arkisin klo 4.00–20.00 merkkejä ohjattiin Turun tiepiirin liikennekeskuksesta, muulloin Uudenmaan tiepiirin liikennekeskuksesta. Ohjausperiaate (liite 2) on piirin laatima, ja se pohjautuu Kaakkois-Suomen tiepiirin alueella valtatiellä 7 sovellettuihin Sääohjatun tien periaatteisiin. Sitä on myöhemmin kehitetty yhteistyössä muiden tiepiirien kanssa.

Käytettävät nopeusrajoitukset ovat 100, 80 ja 60 km/h. Lisäksi osuudella on neljä muuttuvaa opastetta. Osuudella säilytettiin kiinteitä 80 km/h -rajoituksia

risteysalueilla. Ensimmäisenä käyttöä laskettiin nopeusrajoitus 80 km/h:iin pimeään ajaksi, mutta tästä periaatteesta luovuttiin myöhemmin. Osuuden merkit on jaettu kolmeen ohjausryhmään, mutta tarvittaessa myös yksittäisen merkin ohjaaminen on mahdollista. Ennen järjestelmän käyttöönottoa tien nopeusrajoitus oli kesäisin 100 km/h ja talvisin 80 km/h.

Osuuden kaikki merkit ovat kuituoptisia, mitä merkkityyppiä Tiehallinto oli jo aikaisemmin päättänyt käyttää E18-tiellä. Osuudella on kaksi muuttuvaa liukkaan ajoradan merkkiä. Osuudella oli aiemmin tutkittu tiheän tiesääsemaverkon hyötyjä, ja järjestelmän tiedonkeruu perustui näihin laitteisiin. Osa tiesääsemistä on poistettu, mutta jäljellä olevien antaman tiedon parantua on vuodesta 2000 päivystäjän päätöksenteon tukena ollut järjestelmä, joka laskee nopeusrajoitussuosituksen tiesäätietojen perusteella.

Järjestelmän vaikutukset liikennevirtaan tutkittiin ensimmäisen käyttöä laskettuaan jälkeen. Myös kuljettajien mielipiteet järjestelmästä selvitettiin tienkäyttäjahaastatteluin. (Hautala ym. 2001.)

Valtatie 1, Sammatti–Lohjanharju

Valtatielle 1 Uudenmaan tiepiiriin rakennettiin muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmä kesällä 1997. Osuus on kaksikaistaista sekaliikennetietä, ja sen pituus on 15 km. Osuudella oli ennestään ympärivuotinen nopeusrajoitus 80 km/h. Tiepiirissä uskottiin, että muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöönoton jälkeen osuutta ei laskettaisi mukaan talvinopeusrajoitusten kiintiöön, eli yhtenä tavoitteena oli lisätä talviajan 100 km/h -rajoituksen käyttöä. Sammatin ja Lohjanharjun välinen osuus valittiin, sillä muuttuvat nopeusrajoitukset haluttiin rakentaa nimenomaan E18-tien osuudelle, jota ei lähivuosina oltu muuttamassa moottoritieksi. Lisäksi järjestelmä päätettiin rakentaa yhteistyössä Turun tiepiirin kanssa käyttäen kuitenkin hyväksi Kaakkois-Suomen tiepiirin kokemuksia.

Osuudella on 11 nopeusrajoitusmerkkiä, joissa voidaan näyttää rajoitusta 60, 80 tai 100 km/h. Muuttuvia varoitusmerkkejä on kuusi ja niistä neljässä on lisänä tiedotustaulu. Kaikki muuttuvat opasteet ovat kuituoptisia, sillä tekniikkaa pidettiin parhaana silloisista vaihtoehdoista. Osuuden kahdelle alueelle on jätetty kiinteä 80 km/h -rajoitus. (Uudenmaan tiepiiri 1997, Uudenmaan tiepiiri 1999a.)

Merkkejä on ohjattu pääsääntöisesti automaattisesti sää- ja kelitietojen perusteella. Ensimmäisenä vuonna päivystäjien asettamat rajoitukset olivat voimassa noin 20 % ajasta, mutta tämän jälkeen käsiohjauksen osuus on ollut noin 10 %. Käsiohjausta käytetään useimmiten rajoituksen nostamiseen huonon kelin jälkeen. Järjestelmän ohjausperiaate on hyvin pitkälti sama kuin Sääohjatun tien ohjausperiaate. Ennen käyttöönottoa järjestelmää suunniteltiin ohjattavan myös liikennetilanteen mukaan, mutta sää- ja liikennetietojen automaattinen yhteensovittaminen ei tällöin onnistunut.

Järjestelmän alkuaikoina tieosuudella selvitettiin tiheän tiesääasemaverkoston hyötyjä. Tämän jälkeen osa kokeilun aikaisista tiesääasemista on poistettu. Vuonna 1999 tiesääasemiin liitettiin näkyvyys- ja muita lisäantureita.

Järjestelmän käyttöönotosta tiedotettiin esitteillä, joita jaettiin muun muassa huoltoasemilla. Lisäksi käyttöönotosta pidettiin tiedotustilaisuuksia. Uudesta järjestelmästä kirjoitettiin jo sen rakentamisen aikana pääasiassa paikallisissa lehdissä. Yleisönosastokirjoittelussa on kritisoitu liian alhaisena pidettyjä nopeusrajoituksia.

Valtatie 4, Joutsa–Toivakka

Valtatiellä 4 Jyväskylän eteläpuolella sään ja kelin mukaan muutettavat nopeusrajoitukset otettiin käyttöön syksyllä 2000. Osuus on 37 kilometrin pituinen, ja sillä on 12 sähkömekaanista muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä, joiden rajoitukseksi voidaan valita joko 60, 80 tai 100 km/h (Keralampi ja Kanerva 2001). Osuuden liittymissä on kiinteät 80 km/h -rajoitukset.

Ennen järjestelmän käyttöönottoa tiejaksolla oli ympärivuotinen 100 km/h -nopeusrajoitus. Osuuden pohjoispuolella rajoitus on talvisin alennettu. Yhtenä syynä muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöönottoon oli se, ettei tiepiirillä ollut varaa tehdä osuudelle rakenteellisia muutoksia.

Liikennekeskuksen päivystäjät ohjaavat merkkejä ilman suosituslaskentaa. Nopeusrajoitukset on määritelty vastaamaan Liikennesää-tiedottamisen keli-
luokkia normaali, huono ja erittäin huono ajokeli (liite 3). Ensimmäisellä talvikaudella merkkejä ohjattiin Hämeen tiepiiriin liikennekeskuksesta Tampereelta. Toiseksi talvikaudeksi pääasiallinen ohjaus siirrettiin Keski-Suomen tiepiiriin liikennekeskukseen Jyväskylään. Jyväskylän liikennekeskuksessa päivystys oli kuitenkin vain arkipäivisin klo 7–17. Muina aikoina merkkejä ohjattiin Tampereen liikennekeskuksesta Keski-Suomen tiepiiriin ohjausperiaattein. Liikennekeskusuudistuksen myötä järjestelmän ohjaus siirtyi kokonaan Tampereelle. Tiejaksolla on kaksi kelikameraa, yksi tiesääasema ja kaksi LAM-pistettä.

Valtatie 4, Jyväskylä–Äänekoski

Jyväskylän pohjoispuolella ensimmäiset muuttuvat rajoitukset asennettiin vuoden 1996 syksyllä 12 kilometrin matkalle. Järjestelmää laajennettiin kaksi vuotta myöhemmin 18 kilometrillä (Mänttari 2002). Nopeusrajoitusmerkit ovat sähkömekaanisia prismamerkkejä, joissa on arvot 60, 80 ja 100 km/h (Laavisto 1998).

Liikennekeskuksen päivystäjät ohjaavat merkkejä ilman suosituslaskentaa. Nopeusrajoitukset on määritelty vastaamaan Liikennesää-tiedottamisen keli-
luokkia normaali, huono ja erittäin huono ajokeli. Kirjalliset ohjausperiaatteet (liite 3) laadittiin joulukuussa 1997. Niissä pyrittiin soveltamaan Sääohjatun tien periaatteita manuaaliseen ohjaukseen. Merkkien ohjaus tapahtui usean

merkin sarjoissa NMT-kaukohakuverkon avulla. Merkkien ohjaustekniikka parannettiin syksyllä 2001, minkä jälkeen pystyttiin ohjaamaan yksittäisiä merkkejä GSM-verkon kautta.

Syksystä 2002 lähtien merkkejä ohjattiin virka-ajan ulkopuolella Tampereelta. Nopeusrajoitusten ohjaaminen olosuhteiden mukaan on koettu ongelmalliseksi, kun ohjaus tapahtuu kaukaa kohteesta ilman ohjausta tukevaa suosituslaskentaa. Kesällä 2003 liikennekeskusuudistuksen myötä järjestelmän ohjaus siirtyi kokonaan Tampereelle. Tiejaksolla on kaksi kelikameraa, yksi tiesääasema ja yksi LAM-piste.

Valtatie 4, Petäjäskoski–Muurola

Valtatiellä 4 Petäjäskosken ja Muurolan välisellä 7 kilometrin osuudella oli manuaalisesti sään ja kelin mukaan muutettavat (liite 4) muuttuvat nopeusrajoitusmerkit vuosina 1994–2001. Merkkien tekniikka kuitenkin vanheni, eikä osuudella pidetty tarpeellisena rakentaa uutta järjestelmää, sillä vanhanakin järjestelmän aikana nopeusrajoituksia oli muutettu vain harvoin. (Alapeteri 1997.)

Valtatie 9, Tampere–Orivesi

Muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmä valtatiellä 9 Tampereen koillispuolella otettiin käyttöön tammikuussa 2000. Osuus on yksiajoratainen, ja siitä 4 km on moottoriliikenne- ja 30 km sekaliikennetietä. Keskivuorokausiliikenne on 6 900–14 400 ajoneuvoa. Aiemmin järjestelmiä oltiin alustavasti mietitty muihin kohteisiin. Tampere–Orivesi valittiin kuitenkin, koska haluttiin valita päätiejakso, jolla oli riittävästi liikennettä ja jolle ei ollut tulossa suuria muutoksia lähivuosina. Lisäksi osuutta oli suositeltu kokeilukohteeksi muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöönotosta tehdyssä valtakunnallisessa selvityksessä (Lähesmaa ja Schirokoff 1998). Tiellä oli aiemmin ollut käytössä talvirajoitus 80 km/h, mutta tiepiiri halusi käyttää rajoitusta 100 km/h talviaikanakin kelin salliessa, koska tie on geometrialtaan kohtalaisen tasokas.

Järjestelmään kuuluu 26 merkkiä, joissa linjaosuuksilla on rajoitukset 100, 80 ja 70 km/h ja liittymissä rajoitukset 80, 70 ja 60 km/h. Merkkityypiksi valittiin sähkömekaaninen prismamerkki, johon pystyttiin yhdistämään langaton tietoliikenne ja jonka virtalähteenä pystyttiin käyttämään tievalaistusta tai aurinkokennoja, koska kaapeloinnin arvioitiin olevan erittäin kallista.

Muuttuvia opasteita ohjataan keli- ja säätietojen perusteella (liite 5), mutta moottoriliikennetieosuudelle on harkittu myös liikennetieto-ohjausta. Merkkejä ohjattiin aluksi käsin liikennekeskuksesta. Ohjausperiaatteiden tavoitteena oli, että ohjaus toimisi loogisesti yhteen Keski-Suomen tiepiirin samannäköisten ja samantyyppisellä tiellä sijaitsevien järjestelmien kanssa. Myös Tiehallinnon ja Ilmatieteen laitoksen valtakunnallisen Liikennesää-palvelun (Anttila ym. 2001) logiikkaa oli ohjausperiaatteissa mukana, jotta liikennekeskuksen päivystäjän olisi helpompi valita käytettävä rajoitus. Aluksi nope-

usrajoitukset laskettiin pimeään ajaksi 80 km/h:iin, mutta tästä periaatteesta luovuttiin. Syksyllä 2001 automaattiohjauksen myötä ohjausperiaatteet muutettiin Sääohjatun tien ohjausperiaatteiden kaltaisiksi.

Tiejaksolla oli ennestään yksi tiesääasema ja yksi kelikamera, ja järjestelmää varten rakennettiin uusi kelikamera. Ennen automaattiohjauksen käyttöönottoa lisättiin vielä toinen tiesääasema. Kahta tiesääasemaa pidetään miniminä automaattiseen seurantaan ja ohjaukseen. Lisäksi tiejaksolla on yksi LAM-piste, jota ei kuitenkaan hyödynnetä ohjauksessa.

Järjestelmästä tiedotettiin jo ennen käyttöönottoa alueen viestimille. Myöhemmin talvinopeusrajoitustiedoissa on muistutettu tiejakson kelin mukaan muuttuvista rajoituksista. Yleisönosastoille järjestelmästä on kirjoitettu hyvin vähän. Kuljettajille kerrotaan tienvarren ilmoitustauluin jakson nopeusrajoituksia ohjattavan sää- ja kelitiedon perusteella.

Järjestelmän vaikutuksia liikennevirtaan ei ole tutkittu, mutta kaksi kuukautta järjestelmän käyttöönoton jälkeen kuljettajien mielipiteitä järjestelmästä selvitettiin tienvarsihaastattelulla (Schirokoff ja Vitikka 2001).

Valtatie 9, Jyväskylä–Hankasalmi

Valtatielle 9 asennettiin ensimmäiset muuttuvat nopeusrajoitukset syksyllä 1992 Vaajakosken ja Lievestuoreen välille (10 km). Merkit olivat saranamerkkejä, joiden nopeusrajoitusarvon vaihtaminen oli työlästä. Niinpä järjestelmä rakennettiin lähelle tiemestaripiirin tukikohtaa. Järjestelmä laajennettiin vuoden kuluttua Hankasalmelle valtatie 23 liittymään asti ja merkit vaihdettiin radio-ohjauksisiksi sähkömekaanisiksi prismamerkeiksi. Järjestelmä oli pisimmillään 54 kilometriä, mutta sitä lyhennettiin vuosina 1996 ja 1998. Nykyään järjestelmä kattaa 41 tiekilometriä. (Lähesmaa ja Schirokoff 1998, Keski-Suomen tiepiiri 1995)

Ennen muuttuvien merkkien asentamista tien nopeusrajoitus oli kesällä 100 km/h ja talvella 80 km/h. Järjestelmän ensimmäisissä muuttuvissa merkeissä oli nopeusrajoitusvaihtoehdot 80 ja 100 km/h. Rajoituksia vaihdettiin käsin paikan päällä ja ainoastaan työaikana. Rajoitus nostettiin 100 km/h:iin ainoastaan, jos sitä oletettiin voitavan käyttää vähintään kaksi päivää. Merkit vaihdettiin vuonna 1994 radio-ohjauksiseksi sähkömekaanisiksi prismamerkeiksi, joissa on arvot 60, 80 ja 100. Samalla merkkien ohjaus vaihdettiin tiemestaripiiristä silloiseen kelikeskukseen. Merkkejä ohjattiin useamman merkin sarjoissa NMT/kaukohakuverkon avulla. Liikennekeskuksen päivystäjät ohjaavat merkkejä ilman suosituslaskentaa. Nopeusrajoitukset on määriteltävä vastaamaan Liikennesää-tiedottamisen keliluokkia normaali, huono ja erittäin huono ajokeli. Kirjalliset ohjausperiaatteet laadittiin joulukuussa 1997 (liite 3). Niissä pyrittiin soveltamaan Sääohjatun tien periaatteita manuaaliseen ohjaukseen. Merkkien ohjausta parannettiin syksyllä 2001, minkä jäl-

keen merkkejä pystytettiin ohjaamaan yksittäin. Tiejaksolla on kaksi kelikameraa, yksi LAM-piste ja yksi tiesääasema.

Syksystä 2002 lähtien merkkejä ohjattiin virka-ajan ulkopuolella Tampereelta. Liikennekeskusuudistuksen myötä kesällä 2003 järjestelmän ohjaus siirtyi kokonaan Tampereelle.

Kuljettajien mielipiteitä järjestelmästä selvitettiin keväällä 1995 (Keski-Suomen tiepiiri 1995).

Maantie 724, Raippaluodon silta

Raippaluodon silta otettiin käyttöön elokuussa 1997. Sillan poikki tuulee toisinaan erittäin kovaa, lakipisteessä tuulen nopeus saattaa olla jopa puolitoistakertainen verrattuna tuulen nopeuteen maan pinnalla. Vuosi sillan rakentamisen jälkeen sillalla otettiin käyttöön liikenteenohjausjärjestelmä, jossa kovasta tuulesta ja liukkaudesta varoitetaan muuttuvin merkein. Sillalla on myös automaattinen suolausjärjestelmä. Muuttuvalla nopeusrajoitusmerkillä rajoitus voidaan pudottaa 80 km/h:stä 50 km/h:iin. Sivutuulen ollessa yli 30 m/s sillalla liikennöinti voidaan estää myös liikennevaloin. Kaikkia merkkejä voidaan ohjata joko automaattisesti tai manuaalisesti. (Voldi 1999.)

2.3 Sää-, keli- ja liikennetieto-ohjatut järjestelmät

Valtatie 4, Oulu, Kontinkangas–Laanila

Moottoritiellä Oulun edustalla otettiin käyttöön muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmä kolmen kilometrin osuudella joulukuussa 2002. Tien nopeusrajoitus oli tätä ennen 100 km/h ja talvikaudella 80 km/h. Osuuden vaakageometria on huono ja ramppipituudet eivät kaikilta osin vastaa ohjearvoja. Etenkin ruuhkatuntien aikana liikennemäärät ovat korkeat (5 000 ajon./h) ja raskaiden ajoneuvojen on ollut vaikea liittyä liikenteeseen. Lisäksi liikennemäärien on ennustettu kasvavan 5 % vuodessa. Osuuden nopeusrajoitus suunniteltiin laskettavan pysyvästi 80 km/h:iin, mistä tuli julkisuudesta kritiikkiä. Kohteeseen päätettiin rakentaa muuttuvat nopeusrajoitukset, muitakin rakenteellisia ratkaisuja oli esillä. Muuttuvilla nopeusrajoituksilla turvallisuus- ja sujuvuusongelmiin pystyttiin reagoimaan nopeasti.

Opasteita on kaikkiaan seitsemän, joista neljä on ajoradan reunalla ja kolme rampeilla. Opasteissa käytetään pääsääntöisesti rajoituksia 80 ja 100 km/h, mutta häiriötilanteissa käytetään myös rajoitusta 60 km/h. Merkeiksi valittiin samanlaiset LED-merkit, jotka ovat käytössä myös Lapin tiepiirissä.

Opasteet toimivat automaattiohjauksella ajoneuvojen nopeustason sekä sään ja kelin mukaan. Ohjausperiaatteen lähtökohtana on käytetty muita Suomessa käytettyjä periaatteita.

Osuudella on yksi tiesääasema ja liikenteen automaattinen mittauspiste. Kesällä 2003 osuudelle tulee toinen automaattinen mittauspiste. Ramppiliihtymisissä on kamerat, joilla nähdään reaaliaikaista kuvaa liikenteestä ja kelistä. Kaikkiin seurantalaitteisiin ja sitä kautta liikennekeskukseen on valokuitukaapeliyhteys.

Järjestelmän käyttöönotosta tehtiin lehdistölle tiedote. Lisäksi sanomalehti Kalevassa on ollut laaja artikkeli liikenteen telematiikasta.

Valtatie 4 ja valtatie 21, Kemi–Tornio

Kemin ja Tornion välinen moottoritie on yksi Pohjois-Suomen vilkkaimmin liikennöidyistä ja tärkeimmistä teistä. Tie kulkee lähellä sekä Kemi- että Tornio-joen suistoalueita, jotka aiheuttavat tienpinnan nopeita jäätymisiä sekä sumuja. Koska moottoritie lisäksi päättyy poikkeuksellisesti kiertoliittymään, mikä saattaa aiheuttaa jonoutumista, rakennettiin osuudelle muuttuvien nopeusrajoitusten, varoitusmerkkien ja tiedotustaulujen järjestelmä kesällä 2001. Osuuden pituus on 17 kilometriä.

Osuuden kaikki muuttuvat opasteet on toteutettu LED-tekniikalla, jonka todettiin rakentamisajankohtana olleen edullisin huoltaa ja hankkia. Osuudella on kolme tiesääasemaa, jotka on sijoitettu ilmastoltaan erilaisiin kohtiin. Liikenteen seurantalaitteita on sekä osuuden päissä että keskellä.

Muuttuvia opasteita on tarkoitus ohjata automaattisesti sekä sään ja kelin että liikenteen mukaan. Keliohjauksessa on pyritty samaan periaatteeseen kuin Tiehallinnon muissakin automaattisissa järjestelmissä. Käytännössä merkkejä on kuitenkin ohjattu manuaalisesti ilman kirjallisia periaatteita. Nopeusrajoituksina voidaan käyttää 60, 80, 100 tai 120 km/h. Moottoritien päässä olevat nopeusrajoitukset (40 tai 60 km/h) määräytyvät jonoutumisen ja liikennevirran nopeuden mukaan. Varoitusmerkeillä voidaan varoittaa tietystä, liukkaasta tiestä tai muusta vaarasta. Tarvittaessa merkkejä on ohjattu manuaalisesti joko Rovaniemen tai Helsingin liikennekeskuksesta. Kesällä 2003 järjestelmän valvonta siirtyi Ouluun ja Tampereelle. Tavoitteena on käyttää järjestelmää talvikauden 2003 alusta automaattisesti.

Järjestelmän tekniikkaa on esitelty lehdistölle ja radiossa. Ohjausperiaatteista yleisölle on kerrottu pääpiirteittäin.

2.4 Muut järjestelmät

Valtatie 5, Kallansillat

Kuopioon Kallansilloille rakennettiin vuonna 1994 muuttuvien opasteiden järjestelmä, jolla ohjataan liikennettä siltojen avaus- ja huoltotoissa. Järjestelmään kuuluu muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä, kaistaopasteita ja varoitusmerkkejä. Järjestelmän ansiosta liikenteen seassa ei tarvitse enää pystyt-

tää huollon aikaisia merkkejä. Silloilla olevan järjestelmän lisäksi muuttuvat nopeusrajoitukset päätettiin rakentaa neljän eritasoliittymän välille tukemaan kaistaopasteita. Järjestelmän kokonaispituus on 9 km. (Savo-Karjalan tiepiiri 1994, Tielaitos 1995, Kulmala ym. 1999.)

Nopeusrajoitus oli ennen järjestelmän käyttöönottoa moottoritiellä 100 km/h ja silloilla 80 km/h. Talvisin nopeusrajoitus oli laskettu 80 km/h:iin, mistä haluttiin muuttuvien rajoitusten avulla luopua. Lisäksi osuudella oli liikennevalot rajoituksen 80 km/h alueella. Nyt muuttuvilla rajoituksilla nopeusrajoitus voidaan asettaa ennen liikennevaloja joko 60 tai 30 km/h:iin.

Aluksi järjestelmää ohjattiin vuosi manuaalisesti tiemestaripiirin tukikohdasta. Sen jälkeen siirryttiin kalenteriohjaukseen, joka perustui edellisten vuosien liikennemääriin: nopeusrajoitus alennettiin 80 km/h:iin vilkkaina aikoina. Kalenteriohjaukseen ei kuitenkaan oltu tyytyväisiä. Syksystä 2002 alkaen liikennetieto-ohjaus on ollut automaattista ja reaaliaikaista. Samalla järjestelmään liitettiin myös sää- ja keliohjaus. Nykyään olosuhteita seurataan 4 LAM:illa, 1 tiesääasemalla ja 6 kameralla. Järjestelmän opasteet ovat kuituoptyisiä lukuun ottamatta sähkömekaanisia liikenteenjakajia. Merkkityyppi valittiin näkyvyyden ja havaittavuuden takia.

Kantatie 51, Länsiväylä

Länsiväylällä otettiin kesällä 1996 käyttöön liikenteen jonoista ja ruuhkautumisesta varoittava järjestelmä. Järjestelmässä on 14 muuttuvaa kuituoptyistä liikennemerkkiä, joista kymmenessä on nopeusrajoituksen lisäksi varoitusmerkki. Merkkejä ohjataan automaattisesti liikennetilanteen perusteella. Käytettävät nopeusrajoitukset ovat 60 ja 80 km/h. Järjestelmää laajennettiin vuonna 1999. Järjestelmän kokonaispituus on 7 km. Uuden osan 13 muuttuvassa merkissä voidaan käyttää lisäksi rajoituksia 70 ja 100 km/h. Rajoitus 100 km/h ei kuitenkaan vielä ole käytössä. Uudella osalla liikennettä seurataan induktiosilmukoin 18 pisteessä ja kameroin 9 pisteessä. (Uudenmaan tiepiiri 1996, Uudenmaan tiepiiri 1999b, Innamaa ym. 2000.)

Valtateiden 6 ja 13 liittymä, Selkäharju

Lappeenrannan länsipuolella valtateiden 6 ja 13 liittymässä eli Selkäharjun liittymässä otettiin käyttöön muuttuvat nopeusrajoitukset kesällä 2002. Järjestelmän tarkoituksena on nopeusrajoituksia alentamalla (80-> 60 km/h) vaikuttaa valtatie 6 liikennevirtaan siten, että sille liittyminen valtatieltä 13 helpottuisi. Nopeusrajoituksen alentamiseen vaikuttaa niin päätien liikennemäärä kuin odotusajat ja jonon pituus sivutiellä. Liittymäalueen nopeusrajoitus näytetään LED-merkeillä. (Kauste ym. 2000 ja 2001.)

Valtatie 26, Ruissalo

Valtatie 26 kulkee Haminan länsipuolella olevan Ruissalon pohjavesialueen läpi. Koska Ruissalon pohjavedenottamon kloridipitoisuudet olivat nousseet

voimakkaasti viime vuosina, tien suolausta jouduttiin vähentämään pohjavesialueen kohdalla. Suolankäyttöä ei kuitenkaan voitu vähentää ilman kiinteän 80 km/h -nopeusrajoituksen alentamista, sillä tien keliolosuhteet, profiili sekä liikennejakauma olisivat heikentäneet liikenneturvallisuutta. Valtatiellä liikkuu myös vaarallisten aineiden kuljetuksia. Keväällä 2001 suolauksen vähentämisen yhteydessä talviajan nopeusrajoitus alennettiin 60 km/h:iin.

Syksyllä 2002 pohjavesialueen kohdalle asennettiin kaksi LED-tekniikalla toimivaa muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä, joilla nopeusrajoitusta lasketaan sää- ja keliolosuhteiden mukaan automaattisesti 60 km/h:iin. Muuttuvilla opasteilla ohjatun osuuden pituus on noin 900 metriä. Merkkien ohjaukseen käytettävä tiesääasema sijaitsee suunnilleen osuuden puolivälissä ja lisäksi tiesääaseman yhteydessä on kelikamera. Järjestelmä on yhteydessä Sääohjatun tien järjestelmään.

3 TUTKIMUSASETELMA JA -AINEISTO

3.1 Tutkimusasetelma

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien vaikutuksia liikenneturvallisuuteen selvitettiin vertaamalla onnettomuusriskiä kohteissa ennen ja jälkeen järjestelmien rakentamisen. Tulos suhteutettiin yleiseen liikenneturvallisuuden muuttumiseen vertaamalla sitä onnettomuusriskin muuttumiseen vastaavana ajankohtana vastaavantasoisilla teillä, joille järjestelmiä ei ollut rakennettu.

Koska pääosaa Suomen muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmistä ohjataan sään ja kelin mukaan ja ohjaustoimenpiteet keskittyvät näin ollen talvikauteen, järjestelmien vaikutuksia tarkasteltiin erikseen kesä- ja talvikaudella. Kesäkaudeksi laskettiin kuukaudet huhtikuusta syyskuuhun ja talvikaudeksi lokakuusta maaliskuuhun. Talvinopeusrajoitukset otetaan yleensä käyttöön lokakuun aikana ja kesärajoituksiin palataan maaliskuussa.

3.2 Aineistot

Tutkimukseen valittiin muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmistä ne kohteet, joissa järjestelmä oli rakennettu jo olemassa olevalle tielle, eli kohteet, joissa liikenneturvallisuusmuutosten tarkastelu oli mahdollista. Näin ollen tutkimuksesta jäi pois Kotka–Hamina-moottoritieosuus ja Raippaluodon silta. Tutkimukseen ei myöskään otettu mukaan kohteita, joissa oli käyttöönoton jälkeen tehty merkittäviä rakenteellisia muutoksia (Länsiväylä). Kallansillat ja Selkäharju jätettiin tutkimuksesta pois, sillä niiden ohjausperiaatteet erosivat merkittävästi kaikista muista järjestelmistä. Kemi–Tornio-, Oulun ja Ruissalon järjestelmät olivat niin uusia, etteivät niiden vaikutukset olleet vielä arvioitavissa.

Kohteiden tutkimuskohteet sijaitsivat pääasiassa kaksikaistaisilla sekaliikenneteillä (taulukko 1). Valtatiestä 7 Pyhtää–Kotka on 3 km moottoriliikennetietä ja Tampere–Orivesi-tiestä 4 km. Kohteiden pituus vaihtelee kahdeksasta kilometristä 41 kilometriin. Järjestelmistä vanhin on otettu käyttöön vuonna 1992, ja uusimmat ovat syksyltä 2000. Järjestelmistä puolet perustuu kuituoptisiin tai LED-merkkeihin ja puolet sähkömekaanisiin muuttuviin liikennemerkkeihin. Kuituoptisia merkkejä ohjataan joko automaattisesti tai suosituslaskentaan perustuen. Näissä järjestelmissä oli myös muuttuvia varoitusmerkkejä. Sähkömekaanisia merkkejä ohjataan yhtä poikkeusta (Tampere–Orivesi) lukuun ottamatta manuaalisesti. Kesäajan nopeusrajoitus oli kaikissa kohteissa ennen-jaksolla 100 km/h. Ennen-jakson talvirajoitus oli muualla 80 km/h paitsi Joutsa–Toivakka-välillä, jossa rajoitus oli 100 km/h. Jälkeen-tilanteessa nopeusrajoitusvaihtoehdot olivat 60, 80 ja 100 km/h muualla paitsi Tampere–Orivesi-jaksolla, jossa vaihtoehdot olivat linjaosuuksilla 70, 80 ja 100 km/h ja liittymissä 60, 70 ja 80 km/h.

1. Muuttuvien nopeusrajoitusten tutkimuskohteet.

Kohde	Tietyyppi	Pituus	Käyttöön- otto	Merkki- tyyppi	Ohjaustapa	Rajoitus ennen	Rajoitus jälkeen	Muuttuvat opasteet
Vt1, Lohjanharju– Sammatti	2-kaistainen sekaliikennetie	15 km	kesä 1997	kuituopti- nen	automaat- tinen	kesä 100 km/h talvi 80 km/h	60/80/100	6 kpl
Vt1, Salo– Suomusjärvi	2-kaistainen sekaliikennetie	36 km	joulukuu 1999	kuituopti- nen	manuaali- nen*	kesä 100 km/h talvi 80 km/h	60/80/100	4 kpl
Vt1, Halikko– Paimio	2-kaistainen sekaliikennetie	18 km	marraskuu 2000	kuituopti- nen	manuaali- nen*	kesä 100 km/h talvi 80 km/h	60/80/100	2 kpl
Vt7, Pyhtää–Kotka	2-kaistainen sekaliikennetie ja moottorili- kennetie	8 km	joulukuu 1997	kuituopti- nen	automaat- tinen	kesä 100 km/h talvi 80 km/h ^ talvi 100 km/h	60/80/100	8 kpl
Vt4, Joutsa– Toivakka	2-kaistainen sekaliikennetie	37 km	syyskuu 2000	sähköme- kaaninen	manuaali- nen	kesä 100 km/h talvi 100 km/h	60/80/100	ei
Vt4, Jyväskylä– Äänekoski	2-kaistainen sekaliikennetie	29 km	syksy 1996	sähköme- kaaninen	manuaali- nen	kesä 100 km/h talvi 80 km/h	60/80/100	ei
Vt9, Tampere– Orivesi	2-kaistainen sekaliikennetie	33 km	tammikuu 2000	sähköme- kaaninen	manuaali- nen **	kesä 100 km/h talvi 80 km/h	70/80/100 60/70/80 ^^	ei
Vt9, Jyväskylä– Hankasalmi	2-kaistainen sekaliikennetie	41 km	syksy 1992	sähköme- kaaninen	manuaali- nen	kesä 100 km/h talvi 80 km/h	60/80/100	ei

* suosituslaskenta otettiin käyttöön tutkimuksen aikana

** suosituslaskenta ja automaattiohjaus otettiin käyttöön tutkimuksen aikana

^ sekaliikennetieosuudella talvinopeusrajoitus 80 km/h

^^ liittymissä alhaisemmat rajoitukset kuin linjaosuuksilla

Vertailuaineistona käytettiin vuosina 1990–2002 ennallaan pysyneitä yksiajo-
rataisia valtateitä, joilla ei ole muuttuvia nopeusrajoituksia. Ennallaan pysy-
neillä teillä tarkoitetaan sitä, ettei tietä ole rakennettu eikä sen suuntausta
ole muutettu ja se on ollut päätie koko tuon ajanjakson. Aineistosta on karsit-
tu lyhyehköt muuttumattomat tieosuudet, jotka ovat muuttuneiden tieosuu-
sien tai kaksiajo rataisten tieosuuksien välissä. Aineistosta karsittiin sellaiset
tiejaksot, joilla oli kesäaikaankin ollut pääasiassa alempi kuin 100 km/h
-nopeusrajoitus. Yhteensä vertailuteiden pituus on 6158 km, ja niillä on ollut
tiereksterin mukaan keskimäärin kesäisin 81 % pituudesta 100 km/h
-nopeusrajoitus. Aineistoon pyrittiin siis ottamaan mukaan tiet, joilla oli ke-
säisin ollut 100 km/h -rajoitus, mutta koska koeaineistoonkin sisältyi esimer-
kiksi liittymäkohtia, joissa on kiinteä 80 km/h, niin myös vertailuteissa on mu-
kana tällaisia pistekohtaisia yms. lyhyitä alempia rajoituksia. Vertailuaineis-
tossa eivät kuitenkaan ole mukana taajamamerkin alueet.

Vertailuaineistossa tiejaksot on luokiteltu talvirajoituksen mukaan niihin, joilla
on useimpina talvina suurimmalla osalla pituudesta ollut 100 km/h rajoitus,
niihin, joilla on vastaavasti ollut etupäässä 80 km/h -rajoitus, ja niihin, joilla
rajoitusarvo on vaihdellut. Kutakin koetietä verrattiin niihin vertailuteihin, joilla
nopeusrajoitukset olivat olleet samat kuin ennen järjestelmän rakentamista
koetiele.

3.3 Liikennemäärätiedot

Koeteiden liikennemäärätiedot perustuvat yhteen tai kahteen LAM-pisteeseen (taulukko 2) ja yleisiin liikennelaskentoihin. Yleisiä liikennelaskentatietoja käytettiin, sillä osa LAM-pisteistä oli vasta 1990-luvun loppupuoliskolta ja pitkillä koeosuuksilla LAM-tiedot eivät muutenkaan kattaneet koko osuutta. Tierekisteristä otettiin vuotuiset liikennemäärät, jotka perustuvat sekä LAM-tietoihin että yleiseen liikennelaskentaan. LAM-tietojen avulla nämä vuosittaiset luvut muutettiin puolivuositain jakautuviksi liikennemääriksi. Lohjanharju–Sammatti-väliä lukuun ottamatta liikennemäärä oli kasvanut LAM-pisteen perustamisvuodesta vuoteen 2002. Pienimmät liikennemäärät löytyvät valtatieltä 4 Joutsa–Toivakka-väliltä ja suurimmat valtatieltä 1 sekä valtatieltä 4 Jyväskylä–Äänekoski-väliltä. Liikenteen kausivaihtelu on kohteissa normaali tai tasainen, ja liikenne painottuu joko perjantaille tai viikonloppuun.

2. Liikennemäärätietojen mittauspisteet koeteillä.

Kohde	LAM	Perustamisvuosi	KVL, p.vuosi → 2002	Vaihtelu (Tielaitos 1999b)		
				Kausi	Viikonpäivä	Päivä
Vt1, Lohjanharju–Sammatti	105	1992	12 055 → 11 146	normaali	viikonloppu	työmatka
Vt1, Salo–Suomusjärvi	201	1991	6 976 → 8 957	normaali	perjantai	normaali
Vt1, Halikko–Paimio	228	1995	10 421 → 12 510	tasainen	perjantai	työmatka
Vt7, Pyhtää–Kotka	501	1992	7 966 → 8 912	tasainen	perjantai	normaali
	583	1997	9 448 → 10 082	tasainen	perjantai	normaali
Vt4, Joutsa–Toivakka	926	1995	2 874 → 4 456	normaali	viikonloppu	iltapäivä
	928	1999	3 921 → 4 584	-	-	-
Vt4, Jyväskylä–Äänekoski	901	1992	10 690 → 12 609	tasainen	perjantai	normaali
Vt9, Tampere–Orivesi	404	1992	9 074 → 9 082	normaali	viikonloppu	normaali
Vt9, Jyväskylä–Hankasalmi	903	1992	7 719 → 8 296	normaali	perjantai	normaali

Vertailuaineiston tieto liikennesuoritteesta perustuu tierekisteriin tallennettuihin liikennemäärätietoihin. Koska liikennemäärähistoria saatiin eri tiedostossa kuin tieverkon ominaisuustiedot, helpotettiin laskentaa siten, että historia-tiedoista laskettiin näiden teiden keskimääräinen liikennemäärän muutos ja sovellettiin sitten samaa muutoskerrointa kaikkiin tiepiireihin. Vuosilta 1990–1993 liikennemäärätietoa ei ollut kaikilta tieosilta, joten liikennemäärän muutoskerroin laskettiin olemassa olevien tietojen perusteella. Vertailuteiden keskivuorokausiliikenne oli pienempi kuin koeteiden (taulukko 3).

Taulukko 3. Vertailuaineiston keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät.

nopeusrajoitus talvella	vuosi		
	1992	1997	2002
80 km/h	3419	3422	3673
100 km/h	2536	2538	2851

Vertailuaineiston jako kesäajan ja talviajan liikennesuoritteeseen perustuu kesäkauden osuuteen valtateiden liikennesuoritteesta, mikä oli 55,3 % vuonna 2002. Kesäkauden osuuden vuoden liikennesuoritteesta on oletettu pysyneen vuosina 1990–2002 samana. Tämä oletus on sikäli perusteltu, että tässä tutkimuksessa tarkastelluissa LAM-pisteissä kesäajan liikennemäärän suhde koko vuoden liikennemäärään oli pysynyt jokseenkin muuttumattomana.

3.4 Onnettomuudet

Tutkimus rajattiin henkilövahinko-onnettomuuksiin. Tähän oli kolme syytä. Ensiksi henkilövahinko-onnettomuuksien tilastointi on selvästi luotettavampaa ja kattavampaa kuin omaisuusvahinkoon johtaneiden onnettomuuksien (TVH 1988). Toiseksi henkilövahinkojen esiintyminen on tärkeämpi turvallisuuden kriteeri kuin omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä. Kolmanneksi Uudenmaan ja Turun tiepiirit eivät vuosina 1999–2000, eikä Uusimaa myöskään vuosina 1992–1996, kirjanneet onnettomuusrekisteriin kaikkia poliisin raportoimia omaisuusvahinko-onnettomuuksia eli tarkasteluun valituista kohteista kolmesta ei näitä tietoja ollut saatavilla.

Ennen-jakson pituus oli lyhimmillään 2,5 vuotta (kolme kesä- ja kaksi talvikautta) ja pisimmillään 10,5 vuotta (11 kesä- ja kymmenen talvikautta) (taulukko 4). Jälkeen-jaksot olivat Jyväskylä–Hankasalmi-väliä lukuun ottamatta lyhyempiä kuin ennen-jaksot. Kaikilla kokeilutieosuuksilla oli henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia sekä ennen- että jälkeen-jaksolla sekä kesä- että talvikaudella.

4. Henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien ja onnettomuuksissa kuolleiden määrät (kesäkaudet + talvikaudet).

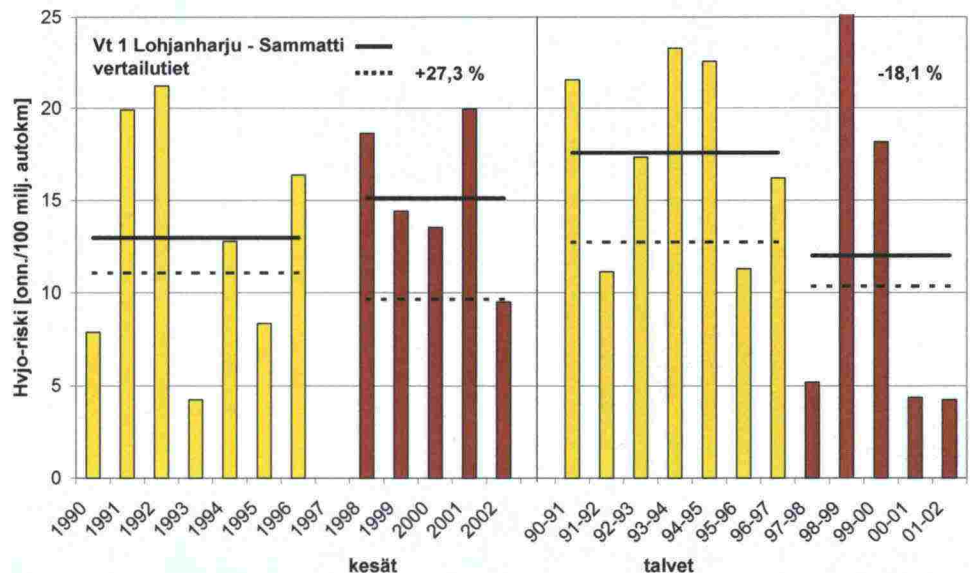
Kohde	Tieosan pituus (km)	Jaksoja (kpl)		Heva-onnettomuuksia (kpl)		Kuolleita (kpl)	
		Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Vt1, Lohjanharju–Sammatti	15 km	7+7	5+5	22+22	22+13	3+4	3+1
Vt1, Salo–Suomusjärvi	36 km	10+9	3+3	65+51	15+18	6+8	3+1
Vt1, Halikko–Paimio	18 km	11+10	2+2	36+63	5+12	1+7	0+0
Vt7, Pyhtää–Kotka	8 km	8+7	5+5	9+13	5+7	2+0	0+2
Vt4, Joutsa–Toivakka	37 km	11+10	2+2	22+24	8+9	3+1	1+1
Vt4, Jyväskylä–Äänekoski	29 km	7+5	6+6	31+28	26+33	2+1	1+5
Vt9, Tampere–Orivesi	33 km	10+9	3+2	43+32	8+8	8+3	8+0
Vt9, Jyväskylä–Hankasalmi	41 km	3+2	10+10	14+11	59+34	1+1	4+8

4 TULOKSET

Järjestelmien vaikutuksia onnettomuusriskiin tarkasteltiin ensin log-lineaarisella mallilla (liite 6). Vaikka kaikkia tarkasteluun mukaan otettuja kohteita tarkasteltiin yhdessä, aineistoa ei kuitenkaan ollut riittävästi, jotta mallin antamat tulokset olisivat olleet tilastollisesti merkitseviä. Tästä syystä tuloksissa kuvataan yksittäisten kohteiden henkilövahinko-onnettomuuksien riskejä ei-merkitsevinä, suuntaa antavina lukuarvoina. Lisäksi kohteet on tarkastelussa ryhmitelty niiden ominaisuuksien perustella kahteen ryhmään. Kuten mallissa tarkastelu perustuu kohteiden ennen- ja jälkeen-jaksojen keskimääräisiin onnettomuusriskeihin ja onnettomuusriskeihin vastaavina ajankohtina vertailuaineistossa.

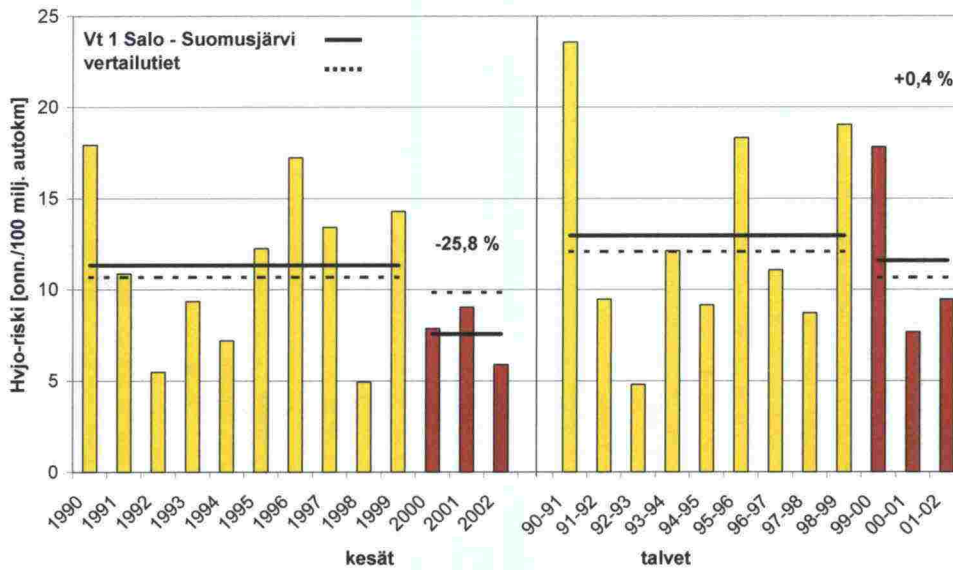
Onnettomuusriskit kohteittain on esitetty kuvissa 4–11 ja liitteessä 7. Kuhunkin kuvaan on merkitty koetien vuotuisten onnettomuusriskien lisäksi jakson keskimääräinen onnettomuusriski koetiellä (yhtenäinen viiva) ja vertailuteillä (katkoviiva). Lisäksi kuhunkin kuvaan ja taulukkoon on merkitty muuttuvien nopeusrajoitusten arvioitu vaikutus turvallisuuteen (suhteellinen muutos) kesällä ja talvella, mikä on laskettu seuraavasti:

$$100 \times \left(\frac{\text{onn.riski}_{\text{jälkeen, koe}} - \text{onn.riski}_{\text{ennen, koe}}}{\text{onn.riski}_{\text{ennen, koe}}} - \frac{\text{onn.riski}_{\text{jälkeen, vert}} - \text{onn.riski}_{\text{ennen, vert}}}{\text{onn.riski}_{\text{ennen, koe}}} \right)$$



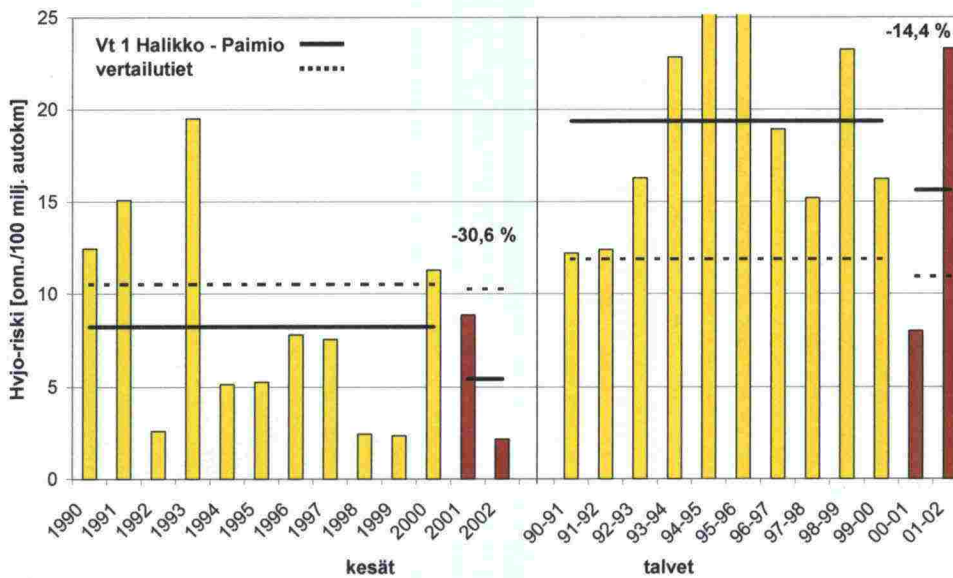
Kuva 4. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 1, Lohjanharju–Sammatti ($n_{\text{kesät}}=44$, $n_{\text{talvet}}=35$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



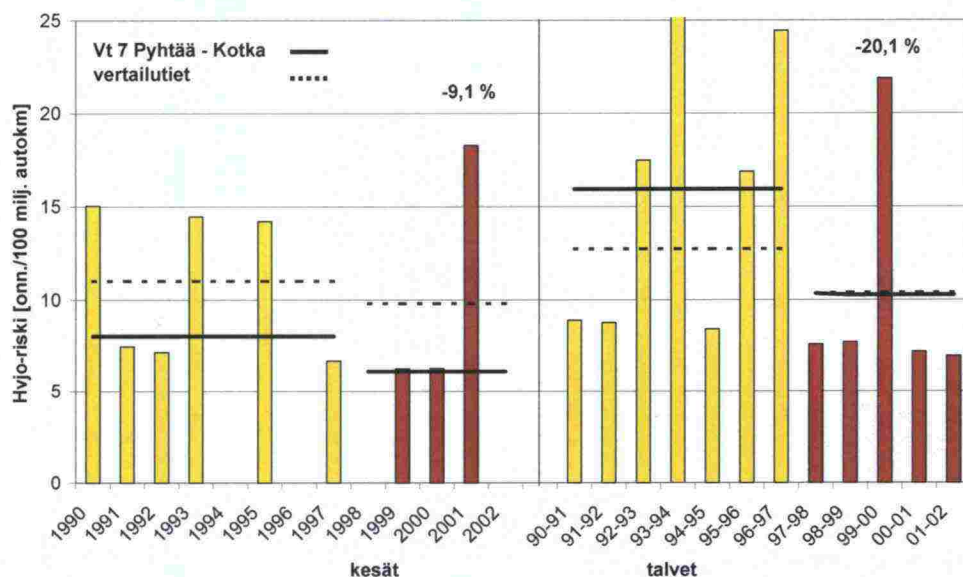
Kuva 5. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 1, Salo–Suomensjärvi ($n_{\text{kesät}}=80$, $n_{\text{talvet}}=69$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



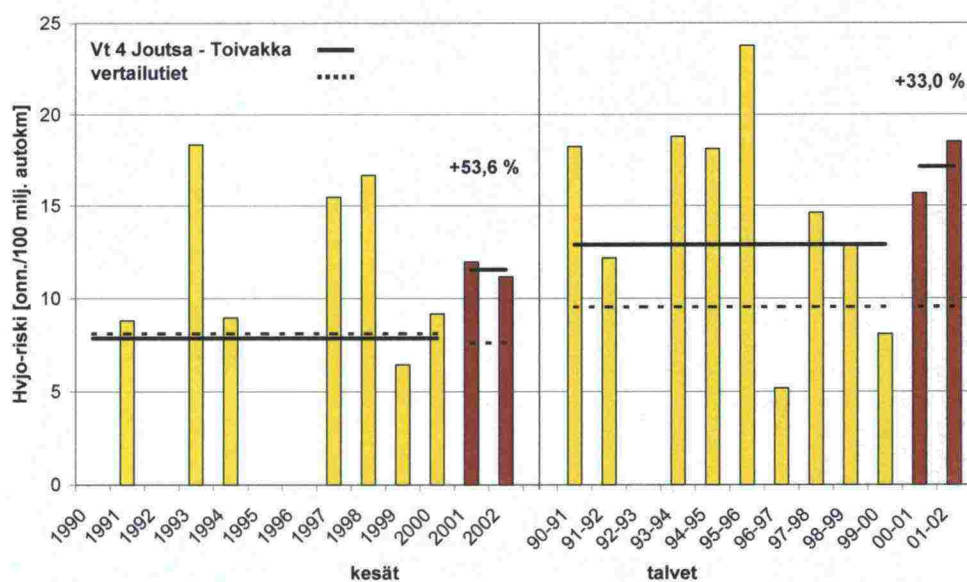
Kuva 6. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 1, Halikko–Paimio ($n_{\text{kesät}}=41$, $n_{\text{talvet}}=75$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



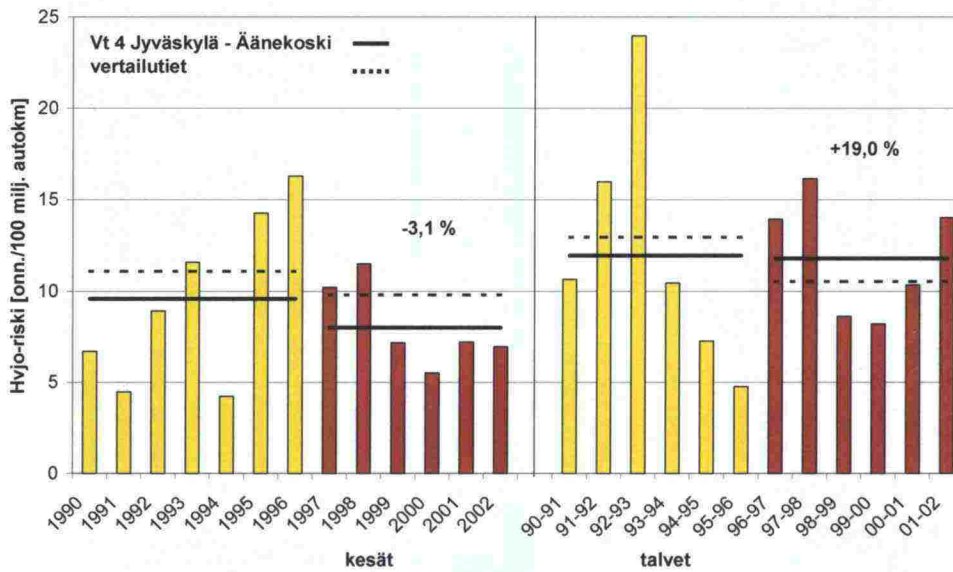
Kuva 7. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 7, Pyhtää-Kotka ($n_{\text{kesät}}=14$, $n_{\text{talvet}}=20$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



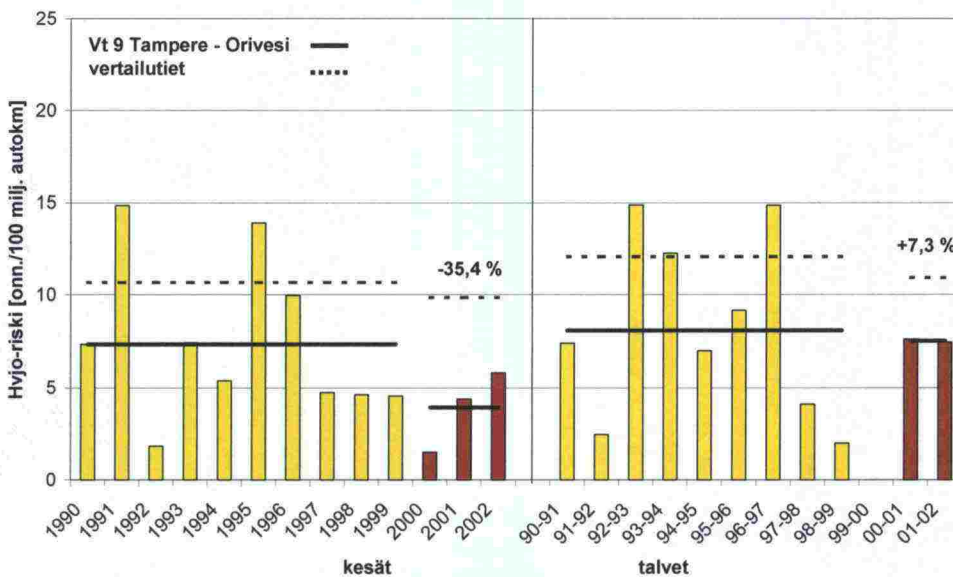
Kuva 8. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 4, Joutsa-Toivakka ($n_{\text{kesät}}=30$, $n_{\text{talvet}}=33$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 100 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



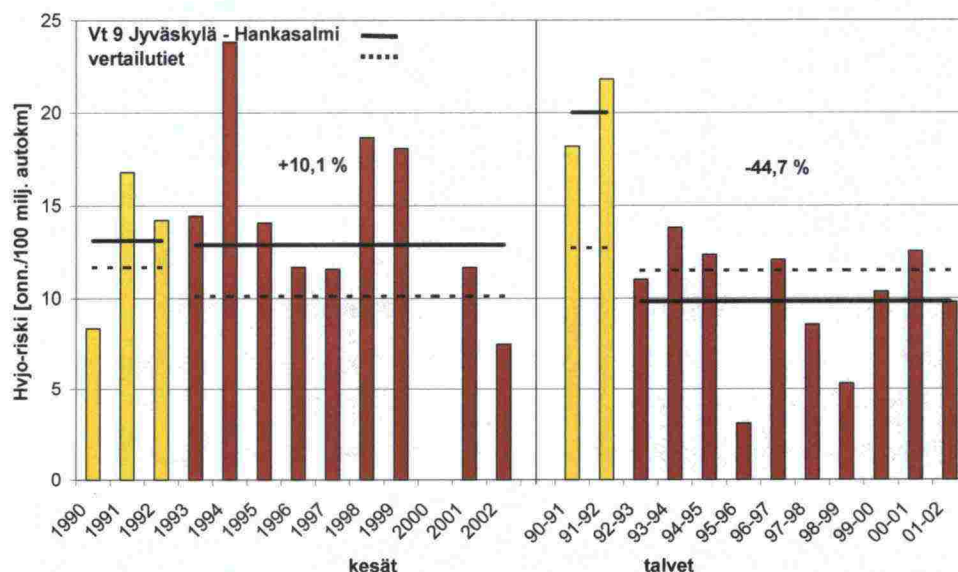
Kuva 9. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 4, Jyväskylä-Äänekoski ($n_{\text{kesät}}=57$, $n_{\text{talvet}}=61$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



Kuva 10. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 9, Tampere-Orivesi ($n_{\text{kesät}}=51$, $n_{\text{talvet}}=40$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h.

Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.



Kuva 11. Henkilövahinko-onnettomuuksien riskit ja riskimuutokset valtatiellä 9, Jyväskylä-Hankasalmi ($n_{\text{kesät}}=73$, $n_{\text{talvet}}=45$ hvj-onnettomuutta). Vertailuaineistossa talvinopeusrajoitus 80 km/h. Vaaleat pylväät kuvaavat ennen- ja tummat jälkeen-jaksoa.

Jaksojen keskimääräisen onnettomuusriskin tarkastelu osoittaa, että useimmissa kohteissa (kuudessa kahdeksasta) henkilövahinko-onnettomuusriski oli ennen järjestelmän rakentamista talvella suurempi kuin vertailuaineistossa (taulukko 5). Kesäisin henkilövahinko-onnettomuuksien riski näyttäisi olevan kohteilla ennen järjestelmien rakentamista usein (viidessä kahdeksasta) pienempi kuin vertailuteilla.

Kohteet eroavat toisistaan pääasiassa ohjaustavan ja merkkityypin mukaan. E18-tien järjestelmissä on käytössä suosituslaskenta ja nopeusrajoitukset on osoitettu kuituoptyisellä tai LED-merkillä. Lisäksi näissä järjestelmissä on muuttuvia varoitusmerkkejä. Keskisen Suomen valtateiden 4 ja 9 järjestelmissä nopeusrajoitukset on osoitettu sähkömekaanisilla merkeillä. Tutkimusajanjaksona niissä ei pääsääntöisesti ollut käytössä suosituslaskentaa (ks. taulukko 1). Niihin ei myöskään kuulu varoitusmerkkejä.

E18-tien järjestelmistä (kuvat 4–7) todettiin seuraavaa:

- Kaikissa paitsi yhdessä kohteessa (Lohja–Sammatti) henkilövahinko-onnettomuusriski pieneni kesällä enemmän kuin vertailuteillä.
- Henkilövahinko-onnettomuusriski pieneni talvella enemmän kuin vertailuteillä paitsi yhdessä kohteessa, jossa pieneneminen oli suunnilleen saman suuruista kuin vertailuteillä (+0,4 %).

Valtateiden 4 ja 9 järjestelmistä (kuvat 8–11) todettiin seuraavaa:

- Kahdessa kohteessa henkilövahinko-onnettomuusriski pieneni, kahdessa kasvoi enemmän kuin vertailuteillä kesällä.
- Talvella henkilövahinko-onnettomuusriski kasvoi kolmessa kohteessa enemmän kuin vertailuteillä. Yhdessä kohteessa onnettomuusriski pieneni suhteessa vertailuaineistoon.
- Yhdessä kohteessa (Joutsa–Toivakka) kehitys oli erityisen huono. Kohteesta oli kuitenkin käytettävissä vain kahden vuoden jälkeen-aineisto.

Taulukko 5. Onnettomuusriskit vertailuaineistossa ja koekohteissa ryhmittäin (E18: suosituslaskenta ja poikkeavat merkit, vt4, vt9: ei suosituslaskentaa ja perinteisen näköiset merkit).

Onnettomuusriski [hvj-onn./100 milj. autokm)		kesät		talvet	
		ennen	jälkeen	ennen	jälkeen
E18	koekohteet	10	9	16	12
	vertailuaineisto	11	10	12	10
vt4, vt9	koekohteet	8	10	11	11
	vertailuaineisto	11	10	12	11

Kun kaikkien kahdeksan kohteen kehitystä tarkastellaan yhdessä, näyttää siltä, että henkilövahinko-onnettomuusriski kasvoi muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksesta kesällä 9 % ja pieneni talvella 4 % (osuuksien liikennesuoritteilla painotetut keskiarvot). Kun vaikutuksia tarkastellaan jakamalla kohteet ohjaustavan ja merkkityyppien perusteella kahteen ryhmään (neljä kohdetta kummassakin ryhmässä) näyttää siltä, että E18-tien suosituslaskentaa käyttävät järjestelmät vähentävät henkilövahinko-onnettomuusriskiä kesällä 2 % ja talvella 13 %. Valtateiden 4 ja 9 järjestelmät lisäävät henkilövahinko-onnettomuusriskiä kesällä 21 % ja talvella 8 %. Tässä esitettyjä lukuja arvioitaessa tulee kuitenkin muistaa, että aineiston pienuudesta johtuen mitkään tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

5 TARKASTELU

Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata käytössä olevat muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmät Suomessa ja selvittää, miten sään ja kelin mukaan muutettavat nopeusrajoitukset vaikuttavat liikenneturvallisuuteen. Tietoa vaikutuksista voidaan käyttää muuttuvien nopeusrajoitusten merkityksen arvioimiseen ja ohjauspolitiikan kehittämiseen liikenneturvallisuuden näkökulmasta.

Tutkimuskohteet ja -aineistot

Tutkimuksen alkuosassa kuvattiin 15 muuttuvaa nopeusrajoitusjärjestelmää. Kuvaus kattaa kaikki Suomessa kesään 2003 mennessä yleisillä teillä toteutetut järjestelmät. Yksittäisiä muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä on käytössä tämän lisäksi erityiskohteissa, esimerkiksi liittymissä tai koulujen läheisyydessä. Kuvaukset perustuvat osin järjestelmistä laadittuihin teknisiin raportteihin osin henkilöhaastatteluihin. Myös tierekisteriä käytettiin kuvauksia laadittaessa. Tiedon keruun aikana ilmeni, että tietoja järjestelmistä, niiden käyttöperiaatteista ja käytöstä (esimerkiksi merkkilokit) ei aina oltu kirjattu riittävän tarkasti.

Onnettomuustarkasteluun valittiin 8 järjestelmää. Tärkeimpänä valintaperusteena oli se, että analyysi voitiin tehdä ennen-jälkeen-asetelmassa. Joissakin kohteissa oli muuttuvan merkkijärjestelmän rakentamisen yhteydessä tehty niin paljon muita rakenteellisia muutoksia (esimerkiksi Länsiväylä), ettei jälkikäteen tehtävässä tarkastelussa olisi voitu luotettavasti erotella muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia. Valinnasta huolimatta luotettavan ja tilastollisesti varman vaikutusarvion tekemistä vaikeuttivat useat tekijät. Tällaisia olivat ainakin koetiejaksojen lyhyys, joissain tapauksissa tarkasteluajan lyhyys ja suuri onnettomuusriskin vaihtelu tarkasteluajanjaksossa ja puutteelliset tiedot järjestelmän käytöstä. Lisäksi suhteellisen pitkien seurantajaksojen aikana on toteutettu pieniä tienparannuksia.

Vertailuaineistona oli yksiajorataisia valtateitä, joilla ei ole muuttuvia nopeusrajoituksia eikä tehty merkittäviä rakenteellisia muutoksia tarkasteluajanjaksona. Vertailutiet luokiteltiin myös käytössä olleiden nopeusrajoitusten mukaan. Pääosassa vertailuaineistoa oli kesäisin ollut nopeusrajoitus 100 km/h.

Ideaalitapauksessa vertailu- ja koetiet ovat mahdollisimman samanlaisia. Tässä tapauksessa koe- ja vertailuaineiston välillä oli kuitenkin systemaattista eroa. Muuttuvat järjestelmät oli rakennettu kohteisiin, joissa yleensä oli todettu jokin liikenteellinen ongelma, jota järjestelmän odotettiin parantavan. Tämän vuoksi kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että järjestelmäkuvauksia varten saatiin tietoa nopeusrajoitusjärjestelmien rakentamisen syistä. Suurimmassa osassa perusteluna oli ollut tarve parantaa kohteessa todettua liikenneturvallisuusongelmaa.

Onnettomuuksien määrä vaihtelee luonnostaan ilman, että turvallisuustilanne todellisuudessa muuttuu. Regressiovaikutus tarkoittaa sitä, että havaintoarvot hakeutuvat luonnostaan keskiarvoja kohti. Turvallisuusongelman tunnistaminen tapahtuu todennäköisesti sellaisena ajanhetkenä, jolloin kohteen historiassa havaitaan satunnaisvaihtelun rajoissa suuri onnettomuusmäärä ja onnettomuudet vähenisivät ilman toimenpiteitäkin (ks. esim. Ranta ja Kallberg 1996). Ilmiön merkitystä tämän tutkimuksen tulosten tulkinnan kannalta vähentää se, että muuttuvien nopeusrajoitusten rakentaminen on yleensä hidasta, ja voi viedä vuosia, ennen kuin ensimmäisistä päätöksistä päästään toteutukseen.

Ilmiön merkityksen arvioidaan tässä tapauksessa olevan vähäinen. Onnettomuusriskin vuotuisen vaihtelun silmämääräinen tarkastelu osoitti, että muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien rakentaminen ei näytä systemaattisesti ajoittuneen poikkeavan korkean onnettomuusriskin jälkeiseen aikaan. Lisäksi muuttuvia nopeusrajoitusjärjestelmiä on toistaiseksi rakennettu suhteellisen vähän, joten niitä ei ole voitu rakentaa kaikkiin ongelmakohteisiin. Tutkimuksen kannalta vastaavia kohteita on siis myös vertailuaineistossa, mikä ei kuitenkaan poista aineistojen kaikkia eroavuuksia tässä suhteessa.

Toinen ero vertailu- ja koeaineistojen välillä on se, että koeteiden liikennemäärä oli suurempi kuin vertailuteiden. Koska järjestelmät ovat suhteellisen kalliita, ne on rakennettu teille, joilla on suuri liikennemäärä. Ennen-jälkeen-tarkastelussa suorite kasvoi sekä koe- että vertailuteillä. Kun suoritteen kasvu on sama koe- ja vertailuaineistoissa, voidaan olettaa, että suoritteen kasvun vaikutus onnettomuusriskiin on sama molemmissa aineistoissa ja on siten otettu huomioon koeasetelmassa.

Tulokset suuntaa antavia

Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia liikenteen turvallisuuteen selvitetiin tarkastelemalla onnettomuusriskin kehitystä kahdeksassa kohteessa. Tarkastelun kohteena olivat henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet 12 vuoden ajalta. Näytti siltä, että talvella onnettomuusriski pieneni ja kesällä kasvoi muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksesta. Tutkimusaineistoissa satunnaisvaihtelu oli suuri suhteessa aineistojen kokoon, joten tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Koska aineisto ei ole riittävä, tuloksia on tarkasteltava vain suuntaa antavina.

Koko Suomen nopeusrajoitusjärjestelmän kehittämismahdollisuuksia käsitelleessä hankkeessa (Peltola ym. 2003 luonnos) oli kiinnitetty huomiota muuttuvien nopeusrajoitusten teiden korkeaan onnettomuusriskiin. Tutkimuksen aineistojen mukaan näiden teiden talviajan onnettomuusriski oli korkea sekä verrattuna muihin teihin että näiden teiden kesäaikaan. Tutkimus oli nykytilan tarkastelu, eikä sen perusteella voitu arvioida muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia. Nyt tehty ennen-jälkeen-tarkastelu osoitti kuitenkin, että talven onnettomuusriski oli lähes kaikilla muuttuvien nopeusrajoitusten teillä

korkeampi kuin vertailuteillä jo ennen näiden järjestelmien rakentamista. Kesällä vastaavaa eroa ei ollut.

Koska kohteet ovat keskenään kovin erilaisia, tarkasteltiin vaikutuksia ryhmiteltyinä kohteiden ominaisuuksien perusteella. Kohteet ovat erilaisia merkkityypin, muuttuvien varoitusten käyttömahdollisuuden sekä sen perusteella, käyttääkö järjestelmä nopeusrajoitusten määrittämisessä suosituslaskentaa vai ei (vain yhdessä perinteisen näköisiä merkkejä käyttävässä järjestelmässä on suosituslaskenta otettu käyttöön). Kun vaikutuksia tarkastellaan jakamalla kohteet näihin kahteen ryhmään (neljä kohdetta kummassakin ryhmässä), näyttää siltä, että kuituoptisia tai LED-merkkejä ja suosituslaskentaa käyttävät E18-tien järjestelmät vähensivät henkilövahinko-onnettomuusriskiä talvella 13 % ja kesällä 2 %. Keskisen Suomen valtateiden 4 ja 9 järjestelmät, joissa on sähkömekaaniset merkit eikä yleensä suosituslaskentaa, kasvattivat henkilövahinko-onnettomuusriskiä talvella 8 % ja kesällä 21 %. Eriytyisesti jälkimmäisen ryhmän kohteissa oli suuria keskinäisiä eroja, kuitenkin niin, että vain yhdessä tämän ryhmän kohteessa turvallisuus näytti parantuneen talvella.

Aikaisemmin muuttuvista järjestelmistä on tutkittu kuljettajien mielipiteitä sekä järjestelmien vaikutuksia liikennekäyttäytymiseen. Tienvarsihaastatteluja on tehty useasta suosituslaskentaa käyttävästä järjestelmästä. Kuljettajien reaktiot järjestelmiin ovat olleet yleensä myönteisiä. Myönteinen suhtautuminen voi osaltaan muodostua miellyttävyydestä, joka liitetään sujuvuuden parantumiseen. Toisaalta kuljettajat ovat sanoneet pitävänsä järjestelmiä tarpeellisina myös liikenneturvallisuuden takia, ja haastattelujen perusteella näyttää siltä, että kuljettajat luottavat järjestelmien toimintaan yleisesti.

Ajonopeuksia koskevat E18-tien kohteiden aikaisemmat tutkimukset (Hautala ym. 2001, Rämä ym. 1999) osoittavat, että keskinopeudet muuttuivat nopeusrajoitusta nostettaessa tai laskettaessa näissä kohteissa suunnilleen saman verran kuin on todettu kiinteitä nopeusrajoituksia käytettäessä. Kuljettajat eivät esimerkiksi näytä ulosmittaavan järjestelmien turvallisuuden kannalta myönteisiä vaikutuksia ajamalla erityisen kovaa silloin, kun järjestelmä osoittaa kelin olevan hyvä (Rämä 2001). Toisaalta, tutkimustulokset korostivat tienpitäjän vastuuta nopeusrajoitusten asettamisessa sekä ohjausjärjestelmän toimintavarmuutta: muuttuva nopeusrajoitus näytti toimivan paitsi suurimpana sallittuna rajoituksena myös kiinteää rajoitusta voimakkaammin nopeussuosituksena tai tavoitenopeutena.

Ensimmäisissä tutkimuksissa Sääohjatun tien moottoritieosuudella muuttuvan nopeusrajoitusjärjestelmän tavoitteena oli pelkästään liikenteen turvallisuuden parantaminen eli nopeusrajoitus alennettiin talven normaaliarvosta huonojen sää- ja keliolojen ajaksi. Keskinopeus ja nopeuden hajonta alenivat järjestelmän ansiosta enemmän kuin vertailuosuudella. Vaikutus liikenneturvallisuuteen on aikaisempien tutkimustulosten perusteella myönteinen.

Kaksikaistaisilla teillä muuttuvilla rajoituksilla sekä nostetaan että lasketaan liikenteen keskinopeutta ja siksi toimenpiteen kokonaisvaikutusta liikenteen turvallisuuteen oli vaikea ennakoida. Nyt tutkittu onnettomuusaineisto käsiteli kaksikaistaisia teitä, joilla kahta kohdetta lukuun ottamatta muuttuvat nopeusrajoitukset merkitsivät 100 km/h -nopeusrajoituksen käyttöönottoa talvella tieosalle, jolla aikaisemmin sallittiin enintään 80 km/h. Talven alkaessa ja päättyessä tosin voitiin aikaisempaa joustavammin käyttää myös kesänopeusrajoitusta alemmaa rajoitusta.

E18-tien kohteissa henkilövahinko-onnettomuuden riski näyttää pienentyneen huolimatta siitä, että tiellä järjestelmän myötä otettiin käyttöön 100 km/h talvikaudella. Talven myönteisen turvallisuuskehityksen mahdollisia selityksiä on ainakin kolme: Ensinnäkin aikaisemmissa tutkimuksissa (Malmivuo ja Peltola 1997) on todettu onnettomuusriskin olevan talven liukkaalla kelillä moninkertainen hyviin olosuhteisiin verrattuna. Vaikutus turvallisuuden voi olla merkittävä mikäli järjestelmä tunnistaa tehokkaasti harvoin esiintyvät ongelmakelit (1–3 % talviajasta) ja liikennevirran nopeus saadaan alennettua kaikkein riskialttiimpina ajanjaksoina. Toiseksi liukkaan kelin muuttuvat varoitusmerkit, joita aikaisempien tutkimusten perusteella arvioituna käytetään noin 5 % ajasta (Hautala ym. 2001, Rämä ym. 1999), alentavat keskinopeutta sekä kasvattavat ajoetäisyyksiä. Kolmanneksi E18-tiellä rajoitusta 100 km/h arvioidaan käytetyn maltillisesti eli noin 10 % kokonaisajasta (Hautala ym. 2001, Rämä ym. 1999). Lisäksi poikkeavan näköisten merkkien (LED ja kuituoptynen) osoittamat rajoitukset vaikuttavat tehokammin nopeuskäyttäytymiseen kuin perinteisen näköiset merkit.

E18-tien kohteissa henkilövahinko-onnettomuuden riski näyttäisi hieman pienenevän myös kesäaikana. Tulos on odotetun suuntainen, koska järjestelmää käytetään kesäaikaan vain alentamaan keskinopeutta huonoissa olosuhteissa esimerkiksi vesiliirtovaaran takia. Koska järjestelmät on ensisijaisesti suunniteltu talviajan käyttöön ja nopeusrajoituksia muutetaan melko harvoin kesällä, vaikutus on odotetusti kesäaikana vähäisempi kuin talvella.

Aikaisemmin on todettu (Rämä 1997), että liikenteen turvallisuuden kannalta muuttuvien nopeusjärjestelmien tärkeä käyttömahdollisuus voi olla nk. siirtymäkausina lokakuussa, jos kesänopeusrajoitusten voimassa ollessa tulee yllättäen liukkaita kelejä, ja huhtikuussa, jos talviset olosuhteet jatkuvat sen jälkeen, kun kesärajoitukset on otettu käyttöön. Tässä tutkimuksessa näistä kuukausista lokakuu kuului talvi- ja huhtikuu kesätarkasteluun. (Peltolan (2003) tutkimuksessa talvikauden laskettiin aika marraskuun alusta helmikuun loppuun.)

Keskisen Suomen valtateiden 4 ja 9 kohteissa henkilövahinko-onnettomuusriski näytti kasvavan talvella. Näitä turvallisuuden kannalta kielteisiä tuloksia voi selittää esimerkiksi se, että muuttuvien rajoitusten käyttöönotto yleensä lisää koeteillä aikaisempaa korkeampien nopeusrajoitusten käyttöä (poikkeuksena Joutsa–Toivakka -väli valtatiellä 4) eikä alhaisempia nopeusrajoituk-

sia käytetä riittävästi kompensoimaan tätä keskinopeuden ja onnettomuusriskin nousua. Valtateiden 4 ja 9 kohteissa talvikaudella rajoitusta 100 km/h on käytetty 45–68 % ajasta (Schirokoff, julkaisematon). Alimpia 60 km/h ja 70 km/h -nopeusrajoituksia on käytetty hyvin vähän. Ilman automaattista luokitustietoa ei valtateiden 4 ja 9 järjestelmillä todennäköisesti pystytä reagoimaan riittävän nopeasti harvoin esiintyviin ongelmakeleihin.

Valtateiden 4 ja 9 kesäajan onnettomuusriskin kasvu on jossain määrin odotuksien vastainen ja ristiriitainenkin tulos. Kohteiden välillä oli suuria eroja ja vaikutukset olivat erisuuntaisia kohteittain. Käytännössä näissä kohteissa ei kesäaikana käytetä alennettuja nopeusrajoituksia ja tällöin ainoa muutos on merkittyyppin muuttuminen. On mahdollista, että perinteistä liikennemerkkiä voimakkaampi muuttuva liikennemerkki on vaikuttanut siten, että nopeusrajoitus on ohjannut kuljettajien nopeuden valintaa aikaisempaa voimakkaammin ja keskinopeus on noussut kesän huonojen olosuhteiden aikana. Merkittyyppien vertailu on osoittanut, että sähkömekaaninen muuttuva merkki vaikuttaa valoisaan aikaan (suuri osa kesäajasta) nopeuksiin kuituoptysen merkin tapaan (Penttinen ym. 1999).

Ohjausjärjestelmät kehittämisen kohteena

Tiehallinto on jatkuvasti pyrkinyt kehittämään muuttuvien nopeusrajoitusten ohjausjärjestelmiä. Keskeistä on ollut kelin seurannan kehittäminen ja esimerkiksi uusien keliantureiden käyttöönotto. Nyt tehdyn tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli tarkastella muuttuvien nopeusrajoitusten ohjauspolitiikkaa liikenneturvallisuuden näkökulmasta. Ohjauspolitiikkaan kuuluu olosuhdeluokkien kuvaus sekä olosuhdeluokkia vastaavien nopeusrajoitusten määrittely. Ohjausjärjestelmän laatu eli kyky tunnistaa luotettavasti erilaiset olosuhteet määrää pitkälti, miten sovittua ohjauspolitiikkaa pystytään noudattamaan

Aikaisempien keskinopeuden ja onnettomuusriskin välistä yhteyttä selvittäneiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, että liikenteen turvallisuuteen voidaan vaikuttaa eri nopeusrajoitusten käyttöosuuksilla. Kaksikaistaisten teiden muuttuvissa nopeusrajoitusjärjestelmissä käytetään talvella ajallisesti eniten nopeusrajoitusta 80 km/h, mikä rajoitus oli pääsääntöisesti käytössä myös ennen järjestelmien rakentamista. Muista rajoituksista ajallisesti eniten käytetään nopeusrajoitusta 100 km/h. Rajoituksen 100 km/h osuutta säätämällä voidaan vaikuttaa järjestelmien turvallisuusvaikutuksiin. E18-tien järjestelmissä rajoituksen 100 km/h käyttö on aikaisempien tutkimusten tulosten perusteella maltillista. Valtateiden 4 ja 9 järjestelmissä rajoitusta 100 km/h käytetään huomattavasti enemmän (45–70 %). Näin ollen erityisesti valtateiden 4 ja 9 järjestelmissä näyttää olevan potentiaalia vaikuttaa turvallisuuteen tarkistamalla rajoituksen 100 km/h käyttöosuutta. On toisin huomattava, että kohteet ovat ilmastollisesti erilaisia kuin E18-tien rannikkoseudut.

Käytännössä on osoittautunut, että alhaisimpia 60 km/h tai 70 km/h -nopeusrajoituksia käytetään järjestelmissä huomattavan vähän, noin 1–3 % talviajasta. Alhaiseen käyttöosuuteen on kiinnitetty huomiota jo aikaisemmissa tutkimuksissa. Kummassakin järjestelmätyypissä voisi vaikutus turvallisuuteen parantua lisäämällä alimpien nopeusrajoitusten käyttöä. Tätä mahdollisuutta olisi syytä tutkia, jotta järjestelmistä saataisiin paras mahdollinen hyöty. Liukkaan kelin tunnistaminen on kehittynyt viime aikoina, mikä parantaa edellytyksiä tunnistaa alinta nopeusrajoitusta vastaavat tilanteet. Koska olosuhteet vaihtelevat usein nopeasti, automaattista kelin tunnistusta pitäisi kehittää ja ottaa käyttöön erityisesti valtateiden 4 ja 9 kohteissa. Uusia järjestelmiä ei pitäisi toteuttaa ilman suosituslaskentaa.

Nykyisin muuttuvia nopeusrajoituksia ei ohjata valoisuuden perusteella. Riski joutua onnettomuuteen on kuitenkin moninkertainen yön tunteina verrattuna valoisaan aikaan (Malmivuo, Peltola 1997). Toisaalta kuituoptiset ja LED-merkit vaikuttavat muita merkkejä tehokkaammin nopeuden valintaan juuri pimeällä. Tämän vuoksi saattaisi olla perusteltua alentaa nopeusrajoitus kaksikaistaisilla teillä talvella pimeällä 80 km/h:iin, vaikka keli olisi hyvä. Tievarsihaastattelujen perusteella suuri osa kuljettajista hyväksyisi periaatteen. Valtatien 1 haastattelussa 70 % kuljettajista piti sopivana nopeusrajoituksena hyvällä talvikelillä pimeään aikaan 80 km/h tai tätä alhaisempaa rajoitusta (Hautala ym. 2001). Osuudella oli kuituoptiset nopeusrajoitusmerkit. Valtatien 9 haastattelussa vastaava osuus oli noin 50 % (Schirokoff, Vitikka 2001).

Liikenteen telematiikkasovelluksilla on monesti useita erilaisia tavoitteita, jotka pyritään saavuttamaan samanaikaisesti. Muuttuvien nopeusrajoitusten rakentamisen perusteena on ollut sekä liikenteen turvallisuuden että sujuvuuden parantaminen. Korkeatasoisten järjestelmien tieosuuksilla E18-tiellä liikenteen turvallisuus näyttää parantuneen järjestelmille asetettujen tavoitteiden suuntaisesti.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä, joten tuloksia on tarkasteltava suuntaa antavina. Tämän vuoksi ehdotetaan, että aineistojen keruuta jatketaan ainakin niistä kohteista, joissa järjestelmä on rakennettu 1990-luvun loppupuolella tai myöhemmin.

E18-tien järjestelmät, joissa käytetään suosituslaskentaa ja merkit ovat perinteisestä poikkeavan näköisiä kuituoptisia tai LED-merkkejä, näyttävät parantavan liikenteen turvallisuutta. Henkilövahinko-onnettomuusriski näyttää pienenevän talvella noin 13 %. Järjestelmiin sisältyy muuttuvia kelimerkkivaroituksia. Vielä parempien turvallisuusvaikutusten aikaansaamiseksi pitäisi selvittää mahdollisuus lisätä järjestelmien alhaisimman nopeusrajoituksen käyttöä. E18-tien järjestelmät näyttävät parantavan liikenneturvallisuutta myös kesällä, mutta vaikutus on pienempi kuin talvella.

Keskisen Suomen valtateiden 4 ja 9 muuttuvat nopeusrajoitukset näyttävät lisäävän henkilövahinko-onnettomuuden riskiä. Näiden kohteiden ohjausjärjestelmiä ja -periaatteita tulisi kehittää liikenneturvallisuus huomioon ottaen siten, että selvitetään mahdollisuudet automatisoida järjestelmiä, pienentää 100 km/h nopeusrajoituksen käyttöosuutta ja lisätä alimpien nopeusrajoitusten käyttöä. Toisaalta osaa järjestelmistä on kehitetty viime vuosina eikä näiden toimien vaikutus välttämättä näy vielä tässä analyysissa.

Järjestelmien käyttäytymisvaikutuksia on tärkeä arvioida, koska tällä tavoin saadaan suhteellisen nopeasti välillistä tietoa myös turvallisuusvaikutuksista ennen, kuin onnettomuusaineistot ovat käytettävissä. Perustietämys suoriteen jakautumisesta eri keleille ja onnettomuusriskistä eri keleillä on kuitenkin jonkin verran puutteellista. Tällaisen tiedon saaminen parantaisi mahdollisuutta tehdä käyttäytymismuutoksista turvallisuuteen liittyviä päätelmiä.

Työssä kuvattiin Suomen muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmät. Kuvausta laadittaessa ilmeni puutteita järjestelmien ja niiden käytön dokumentoinnissa. Dokumentointiin on kiinnitettävä jatkossa huomiota.

Kaiken kaikkiaan johtopäätös on, että korkeatasoiseksi rakennettu muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmä näyttää olevan onnistunut liikenteen telematiikan toimenpide, jolla voidaan vaikuttaa useaan tavoitteeseen. Järjestelmän välittämä tieto olosuhteista parantaa matkustamisen mukavuutta, ja samalla järjestelmällä voidaan parantaa sujuvuutta hyvissä olosuhteissa sekä turvallisuutta huonoissa olosuhteissa.

7 LÄHTEET

- Aarikka M (1999a). Muuttuva nopeusrajoitusjärjestelmä E18-tiellä välillä Suomusjärvi–Salo. Tiehallinto, Turun tiepiiri. 26 s. (Viking-raportti)
- Aarikka M (1999b). Muuttuvien nopeusrajoitusten ohjausperiaatteet vt:llä 1 välillä Suomusjärvi–Salo. Muistio. Tiehallinto, Turun tiepiiri.
- Alapeteri U (1997). Vaihtuvat nopeusrajoitusmerkit vt4 välillä Mutka - Petäjäskoski. Tiehallinto, Lapin tiepiiri. (Kokousmuistio 19.3.1997)
- Anttila V, Nygård M ja Rämä P (2001). Liikennesää-tiedotuksen toteutuminen ja arviointi talvikaudella 1999–2000. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 79 s. + liitt. 16 s. (Tiehallinnon selvityksiä 41/2001)
- Baltz, W. & Zhu, J. 1994. Nebelwarnsystem A8 Hohenstadt – Riedheim. Wirkungsanalyse (Fog warning system A8 Hohenstadt – Riedheim. An effect analysis). Stuttgart: Landesamt für Strassenwesen, Baden-Württemberg & PTV Consult GmbH.
- ETSC (1999). Intelligent transport systems and road safety. Brussels: European Transport Safety Council.
- Hautala R, Schirokoff A, Lehtonen M (2001). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella valtatiellä 1 (E18). Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 49 s. + liitt. 3 s. (Tiehallinnon selvityksiä 51/2001)
- Hogema, J.H. & van der Horst, R. 1997. Evaluation of A16 motorway fog-signalling system with respect to driving behaviour. Transportation Research Record, 1573, pp. 63–67.
- Innamaa S, Vanhanen K, Pursula M (2000). Länsiväylän automaattisen liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset liikennevirtaan. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 82 s. + liitt. 8 s. (Tiehallinnon selvityksiä 53/2000)
- Kanerva P (2002). Muuttuvat nopeusrajoitukset valtatiellä 4 välillä Jyväskylä–Äänekoski ja valtatiellä 9 välillä Jyväskylä–Hankasalmi. Tiehallinto, Keski-Suomen tiepiiri, Liikenteen palvelut. Jyväskylä. 19 s.
- Kauste E, Pöntinen T, Laitinen P, Portaankorva P (2000). Selvitys valtatie 6 parantamisesta liikennetelematiikan keinoin Selkäharjun liittymän kohdalla. Yleissuunnitelma. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 66 s. + liitt. 17 s. (Kaakkois-Suomen tiepiirin selvityksiä 7/2000)
- Kauste E, Pöntinen T, Laitinen P, Portaankorva P (2001). Valtatie 6 Selkäharjun liittymä. Liikenteen hallinnan vaikutustutkimus. Kuvaus nykytilan selvityksestä. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 40 s. + liitt. 4 s. (Sisäisiä julkaisuja 24/2001)

- Keralampi H, Kanerva P (2001). Muuttuvat nopeusrajoitukset ja kelikamerat. Vt 4 välillä Joutsa–Toivakka. Tiehallinto, Keski-Suomen tiepiiri. Jyväskylä. 10 s.
- Keski-Suomen tiepiiri (1995). Muuttuvat nopeusrajoitukset Keski-Suomen tiepiirissä. Tienkäyttäjähaastattelu. Tielaitos, Keski-Suomen tiepiiri. Tampere. 13 s. + liitt. 8 s. (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 64/1995)
- Kulmala R, Karhunen M, Miikkulainen T, Linna-Varis H, Korhonen A, Goebel A (1999). Kallansiltojen kaistaopastuksen vaikutusselvitys 1999. Liikenneministeriö. Helsinki. 56 s. (Liikenneministeriön mietintöjä ja muistioita B 28/99)
- Laavisto M (1998). Muuttuvat nopeusrajoitukset E 75 välillä Jyväskylä–Äänekoski. Tiehallinto, Keski-Suomen tiepiiri. Jyväskylä. 4 s.
- Malmivuo, M, Peltola, H. (1997). Talviajan liikenneturvallisuus – tilastollinen tarkastelu. Tielaitos. Helsinki. 71 s. + liitt. 21 s. (Tielaitoksen selvityksiä 6/1997)
- Myllylä J, Portaankorva P (1999). E18-tien muuttuvien opasteiden ohjausperiaatteet. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 32 s. + liitt. 6 s. (Tiehallinnon selvityksiä 49/1999)
- Mänttari J (2002). Sään ja kelin mukaan muuttuvien 100/80/(60 tai 70) km/h -nopeusrajoitusten käyttöönotto. Tiehallinto. Helsinki. (Muistio 2.10.2002)
- Noukka M (2001). Muuttuvien nopeusrajoitusten ohjausehdot, vt 9 Tampere - Orivesi. (Muistio 6.10.2001)
- Peltola H (1991a). Autojen nopeudet vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilussa. Vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilu vuosina 1987–1989, osa 1. VTT. Espoo. 34 s. + liitt. 13 s. (VTT Tiedotteita 1222)
- Peltola H (1991b). Onnettomuudet vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilussa. Vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilu vuosina 1987–1989, osa 3. VTT. Espoo. 40 s. + liitt. 41 s. (VTT Tiedotteita 1224)
- Peltola H (1997). Talviajan nopeusrajoitukset – onnettomuusseuranta. Liikenneministeriö. Helsinki. 27 s. (Liikenneministeriön julkaisuja 9)
- Penttinen M, Harjula V ja Luoma J (1999). Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin ja merkin muistamiseen – osa 2. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 25 s. + liitt. 1 s. (Tielaitoksen selvityksiä 45/1999)
- Pilli-Sihvola Y, Lähesmaa J (1995a). Projektiraportti. Sääohjattu tie Kotka–Hamina. Tielaitos, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 27 s.

Pilli-Sihvola Y, Lähesmaa J (1995b). Weather Controlled Road and Investment Calculations. Tielaitos, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 34 s. (TIEL KaS 12/95)

Ranta S ja Kallberg V-P (1996). Ajonopeuksien turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi. Tielaitos, Tienpidon suunnittelu. Helsinki. 71 s. + liitt. 12 s. (Tielaitoksen tutkimuksia 2/1996)

Rämä P (1997). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka–Hamina-moottoritieellä. Tielaitos, Liikenteen palvelut. Helsinki. 64 s. + liitt. 23 s. (Tielaitoksen selvityksiä 1/1997)

Rämä P (2001). Effects of weather-controlled variable message signing on driver behaviour. VTT. Helsinki. 55 s. + liitt. 50 s. (VTT Publications 447/2001)

Rämä P, Luoma J ja Harjula V (1999). Distraction due to variable speed limits. Traffic Engineering + Control 1999. Vol. 41, s. 428–430.

Rämä P, Raitio J, Harjula V, Schirokoff A (1999). Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 64 s. + liitt. 23 s. (Tielaitoksen selvityksiä 44/1999)

Savo-Karjalan tiepiiri (1994). Viitostien liikenne sujumaan Kallansilloilla. Tielaitos, Savo-Karjalan tiepiiri. 4 s. (Esite)

Schirokoff A (2003) Variable speed limits in Finland. ITS America 2003. 13th annual meeting and exposition, May 19-22, 2003, Minneapolis Convention Center, Minneapolis, MN. 12 s. (Conference proceedings, CD-ROM)

Schirokoff A, Innamaa S ja Portaankorva P. (2000). Sääohjatun tien yksiajorataisen osuuden liikennetieto-ohjaus, nykytilan selvitys. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri, Liikenteen palvelut. Kouvola. 28 s. + liitt. 27 s

Schirokoff A, Vitikka H (2001). Muuttuvat nopeusrajoitukset autoilijoiden kokemina. Haastattelututkimus valtatiellä 9 (E63) välillä Tampere - Orivesi. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Helsinki. 29 s. + liitt. 3 s. (Tiehallinnon selvityksiä 50/2001)

Tie- ja vesirakennushallitus ja Insinööritoimisto LTT Oy (1988). Liikenneonnettomuustilastojen edustavuustutkimus 1985. Helsinki 1988.

Tielaitos (1993). Tiesäähavaintojen lueteltavuusselvitys, talvi 1992–1993. Tielaitos, Kymen tiepiiri. Kouvola. 9 s + liitteet.

Tielaitos (1995). Kallansiltojen muuttuvan liikenteenohjauksen vaikutusselvitys. Tielaitos, Savo-Karjalan tiepiiri. Kuopio. 36 s. + liitt. 18 s.

Tielaitos (1996). Sääohjatun tien jatke; Liikenteen hallinnan yleissuunnitelma valtatielle 7 (E18) välille Siltakylä–Kotka. Esikopio. Tielaitos, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 19 s.

Tielaitos (1999a). Tielaitoksen toimintalinja muuttuvien nopeusrajoitusten käytössä. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. 21 s. + liitt. 2s.

Tielaitos (1999b). Liikenteen automaattinen mittaus 1998. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 52/1999. Tielaitos. Helsinki.

Tielaitos (1997). Sääohjattu tie vt7 (E18) Siltakylä - Summa, Muuttuvien opasteiden ohjausperiaatteet, versio 1.0. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri, Liikenteen hallinta ja palvelut. Kouvola. 17 s.

Toivonen K (luonnos 2003). Sääohjattu tie vt7 (E18) Siltakylä – Summa. Muuttuvien opasteiden ohjausperiaatteet. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri, Liikenteen palvelut.

TVH, ks. Tie- ja vesirakennushallitus.

Uudenmaan tiepiiri (1996). Länsiväylän ruuhkavaroitus- ja kamerajärjestelmä. Esite. Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri. Helsinki. 4 s.

Uudenmaan tiepiiri (1997). Muuttuvat liikennemerkit, kelin ja liikenteen seuranta-asemat E 18:lla Lohjanharjulta Sammatin tielle. Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri. Helsinki. 4 s. (Esite)

Uudenmaan tiepiiri (1999a). E18-tien muuttuvat liikennemerkit. Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri. Helsinki. 19 s. (Viking-raportti)

Uudenmaan tiepiiri (1999b). Länsiväylän liikenteenohjausjärjestelmän laajennuksen kuvaus. Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri. Helsinki. 21 s. (Viking-raportti)

Voldi T (1999). Raippaluodon sillan liikenteenohjausjärjestelmä. Viking - Finland. Tieliikenteen telematiikan euroalueellinen ohjelma 1997–1999. Tielaitos, Vaasan tiepiiri. Vaasa. 38 s + liitt. 13 s.

Ylikorpi J (1998). Muuttuvien infotaulujen rakentaminen E18:lle välille Suomensjärvi–Salo. Viking-loppuraportti. Tiehallinto, Turun tiepiiri. Turku. 13 s.

Julkaisematon:

Schirokoff A. Joutsa–Toivakka ja Tampere–Orivesi muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien talvikausien 2000–2001 ja 2001–2002 lokien tarkastelu.

8 LIITTEET

Liite 1. Sääohjatun tien ohjausperiaate

Liite 2. Valtatien 1 Salo–Suomusjärvi muuttuvien nopeusrajoitusten ohjausperiaate

Liite 3. Keski-Suomen tiepiirin muuttuvien nopeusrajoitusten ohjausperiaate

Liite 4. Lapin tiepiirin, valtatie 4 Mutka–Petäjäskoski, muuttuvien nopeusrajoitusten ohjausperiaate

Liite 5. Valtatien 9 Tampere–Orivesi muuttuvien nopeusrajoitusten ohjaus ehdot

Liite 6. Mallin rakenne

Liite 7. Onnettomuusriskit kohteittain

SÄÄOHJATUN TIEN OHJAUSPERIAATE (TOIVONEN, LUONNOS 2003)

Taulukko 1: Sääohjatun tien tiejaksoilla käytettävät nopeusrajoitukset eri keliluokissa.

Keliluokka	Käytettävä nopeusrajoitus km/h (suluissa edellisistä poikkeavat talviajan nopeusrajoitukset km/h)						
	Pyhtään motellin liittymä	Siltakylä – Mokra	Mokran liittymä	Mokra – Kar- hulan tiesää- asema	Karhulan tie- sääasema – Keltakallio	Keltakallio – Summa	Summa – Poitsila
A Erittäin hyvä keli	60	100 (80)	80	100	100	120 (100)	100
B Hyvä keli	60	80	80	100	100	100	100
C Huono keli	60	80	60	80	80	80	80
D Erittäin huono keli	60	60	60	60	80	80	80

Nopeusrajoitusmerkkien ohjaukseen vaikuttavat olosuhteet

Keliluokitus tehdään automaattisesti ajokaistakohtaisilta antureilta saatavien tietojen perusteella. Moottoritiejaksolla käytetään oikeanpuoleisen ajokaistan antureilta saatavia tietoja. Muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä ohjataan heikoimpien ohjausjaksolla havaittujen keliolosuhteiden mukaan.

Erittäin hyvällä kelillä (keliluokka A) kaikki seuraavat ehdot täyttyvät.

- tieanturin ilmoittama keli on kuiva tai kostea tai kostea ja suolainen ja tienpinnan lämpötila on yli +2 °C,
- tiesääasema ei ilmoita kohtalaista tai runsasta sadetta,
- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on yli 300 metriä sekä
- tuulianturin ilmoittama tuulen keskinopeus on alle 10 m/s.

Huonolla kelillä (keliluokka C) jokin seuraavista ehdoista täyttyy.

- tieanturi ilmoittaa lumi tai jää sekä tienpinnan lämpötila on alle +2 °C tai
- tieanturi ilmoittaa tienpinta on märkä sekä sadeanturi ilmoittaa runsasta sadetta tai
- tieanturi ilmoittaa tienpinta on märkä ja suolainen sekä sadeanturi ilmoittaa runsasta sadetta tai
- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on alle 200 metriä tai
- tuulianturin ilmoittama tuulen keskinopeus on suurempi tai yhtä suuri kuin 15 m/s.

Erittäin huonolla kelillä (keliluokka D) toinen seuraavista ehdoista täyttyy.

- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on alle 100 metriä tai
- sadeanturi ilmoittaa runsasta lumi- tai räntäsadetta.

Muut tilanteet kuuluvat keliluokkaan hyvä keli (keliluokka B).

Kelin muuttuessa heikommaksi vaihdetaan muuttuvissa nopeusrajoitusmerkeissä näytettäviä nopeusrajoituksia välittömästi kuvaamaan heikoimpia ohjausjaksolla havaittuja olosuhteita. Huonomman sään tilasta parempaan siirryttäessä muutokset tehdään automaattisesti vasta kolmannen paremman kelin suosituksen jälkeen eli vähintään 15 minuutin viiveellä.

Nopeusrajoitusmerkkien ohjaus ohjausjärjestelmän häiriötilanteissa

Mikäli tiejaksoa ohjaavilta tiesääasemilta ei saada tietoa Kaakkois-Suomen keruukoneelle tai keruukoneelta ei saada 30 minuuttiin suositusta käytettävästä nopeusrajoituksesta, tiejakson muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä ohjataan normaalin kelin (keliluokka B) mukaisesti.

Mikäli ohjauslogiikkalaitteiston ja muuttuvan nopeusrajoitusmerkin välinen tiedonsiirto ei toimi yli minuuttiin, muuttuva nopeusrajoitusmerkki sammuu lukuun ottamatta Pyhtään motellin liittymän läheisyydessä sijaitsevia muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä 18, 19 ja 20, joiden virransaanti on varmistettu. Muuttuvissa nopeusrajoitusmerkeissä 18 ja 19 osoitetaan tiedonsiirtokatkoksen aikana 60 km/h nopeusrajoitusta ja nopeusrajoitusmerkissä 20 nopeusrajoitusta 80 km/h. Mikäli yhden tai useamman ohjausjakson kaikki merkit ovat pimeänä vähintään kaksi vuorokautta, asennetaan paikalle kiinteät nopeusrajoitusmerkit.

VALTATIEN 1 SALO–SUOMUSJÄRVI MUUTTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN OHJAUSPERIAATE (AARIKKA 1999B)

Hyvä keli (keliluokka A)	Normaali keli (keliluokka B)	Huono keli (keliluokka C)	Erittäin huono keli (keliluokka D)
nopeusrajoitus 100 km/h	nopeusrajoitus 100 km/h HUOM 1.	nopeusrajoitus 80 km/h	nopeusrajoitus 60 km/h
<p>Kaikki seuraavat ehdot täytyvät:</p> <ul style="list-style-type: none"> – keli on kuiva tai kostea – ei ole kohtalaista tai runsasta sadetta – tiesääasema ei ilmoita varoituksia – tien rungon lämpötila ei ole yli yhtä astetta kylmempi kuin tien pinta, kun lämpötilat ovat alle 0 astetta – näkyvyys on yli 300 metriä – tuulen nopeus on alle 12 m/s 	<p>Kaikki muut tilanteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> – vähintään yksi hyvän kelin ehdoista ei täyty – yksikään huonon tai erittäin huonon kelin ehdoista ei täyty 	<p>Jokin seuraavista ehdoista täyttyy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – tiellä on lunta tai jäätä ja tienpinnan lämpötila on alle + 2 astetta – tienpinta on märkä ja on runsasta sadetta – tienpinta on märkä ja suolainen sekä on runsasta sadetta – näkyvyys on alle 200 metriä – tuulen nopeus on suurempi tai yhtä suuri kuin 17 m/s – pimeä ja hämäräaika 	<p>Jokin seuraavista ehdoista täyttyy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – näkyvyys on alle 100 metriä – sataa alijäähtynyttä vettä – liikenneolosuhteet ovat muutoin poikkeuksellisen huonot

HUOM 1. Ainakin 10.12.1999–16.2.2000 keliluokituksen mukaisella normaalikelillä nopeusrajoitus oli yleensä 80 km/h.

KESKI-SUOMEN TIEPIIRIN MUUTTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN OHJAUSPERIAATE (KANERVA 2002)

Normaali ajokeli nopeusrajoitus 100 km/h	Huono ajokeli nopeusrajoitus 80 km/h	Erittäin huono ajokeli nopeusrajoitus 60 km/h
<ul style="list-style-type: none"> – tien pinta paljas, kuiva tai kostea 	<ul style="list-style-type: none"> – tien pinta muuttumassa liukkaaksi, myös kuuraliukkaaksi – runsas lumi- tai räntäsade alkamassa – tienpinta luminen tai sohjoinen – pimeällä kova vesisade – näkyvyyttä estää sumu – syksyllä tiellä mustaa jäätä – etelä- tai pohjoistuulen keskinopeus yli 17 m/s (valtatiellä 9) – itä- tai länsituulen keskinopeus yli 17 m/s (valtatiellä 4) 	<ul style="list-style-type: none"> – keli erittäin vaikea (esim. jatkuva lumisade niin voimakasta, että tielle kertyy liikennettä vaikeuttava lumimäärä)
<ul style="list-style-type: none"> – Muutosta 80 → 100 km/h ei tehdä, ellei ole varmuutta, että 100 km/h -rajoitusta voidaan pitää vähintään 2 tuntia – Jos muutos 100 → 80 km/h tehdään pimeän aikana, muutos päinvastoin tehdään vasta pimeän poistuttua, silloin kun tienpinta on märkä. – Rajoituksen muuttamista pyritään välttämään vilkkaimman työmatkaliikenteen aikana (klo 7–9 ja klo 15–17) 		

**LAPIN TIEPIIRIN, VALTATIE 4 MUTKA-PETÄJÄSKOSKI,
MUUTTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN OHJAUSPERIAATE**
(ALAPETERI 1997)

nopeusrajoitus 100 km/h	nopeusrajoitus 80 km/h
<ul style="list-style-type: none">- normaalisti voimassa oleva rajoitus	<ul style="list-style-type: none">- tienpinta peitteinen, so. luminen, sohjoinen tai jäinen, kitka < 0,25 (perusteena liukkaus)- kova lumisade (perusteena huono näkyvyys)- kova vesisade (perusteen vesiliirto ja huono näkyvyys)- sakea sumu, näkyvyys alle 200 m (perusteena huono näkyvyys)- poikkeuksellisen kova tuuli (perusteena ajoneuvon hallinnan vaikeutuminen)- mustan jään muodostumisen vaara (perusteena liukkaus)- tieosalle määrätty tilapäinen 80 km/h -nopeusrajoitus esim. kunnostustöiden tms. syyn vuoksi (perusteena tienkäyttäjän varoittaminen)- tieosalla liikkuu poroja tai ko. välillä tapahtuu jotain muuta poikkeuksellista (perusteena tienkäyttäjän varoittaminen)

VALTATIE 9 TAMPERE–ORIVESI MUUTTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN OHJausehdot (NOUKKA 2001)

Ohjausehdot ovat ympärivuotisesti voimassa. Liittymäalueiden 60 km/h nopeusrajoitus on käytettävissä käsiohjauksella liikennepäivystäjän päätöksellä esim. onnettomuustilanteissa.

Jaksolla on kaksi tiesääasemaa: Kangasalan Suinulassa ja Oriveden Yliskylässä. Asemat toimivat toistensa vara-asemina. Mikäli tiesää tieto on vanhaa, automaattiohjaus ottaa käyttöön oletusnopeusrajoituksen 100 km/h.

Nopeusrajoitusalue 1 (Alasjärvi – Suinula)

JOS näkyvyys Suinulan tiesääasemalla on alle 200 metriä, NIIN nopeussuositus on 70 km/h.

JOS keskituulen nopeus Suinulan tiesääasemalla on yli 14,9 m/s, NIIN nopeussuositus on 70 km/h.

JOS näkyvyys Suinulan tiesääasemalla on 200–299 metriä, NIIN nopeussuositus on 80 km/h.

JOS keskituulen nopeus Suinulan tiesääasemalla on 12–14,9 m/s, NIIN nopeussuositus on 80 km/h.

JOS Suinulan tiesääaseman kelianturilla 1 on lunta tai jäää ja kelianturilla 2 on lunta tai jäää ja lisäksi tien pinnan lämpötila on -6°C ja $+2^{\circ}\text{C}$ välillä tieanturilla 1 tai 2, NIIN nopeussuositus on 70 km/h.

JOS Suinulan tiesääasemalla kelianturit 1 ja 2 ovat kuivia, kosteita, kosteita ja suolattuja, märkiä tai märkiä ja suolattuja ja sadeanturi osoittaa poutaa tai heikkoa sadetta, NIIN nopeussuositus on 100 km/h.

JOS mikään edellä olevista ei toteudu, NIIN nopeussuositus on 80 km/h.

Nopeusrajoitusalue 2 (Suinula – Symminki)

Kuten nopeusrajoitusalue 1.

Nopeusrajoitusalue 3 (Symminki – Orivesi)

Kuten nopeusrajoitusalue 1, mutta ohjaava tiesääasema on Yliskylän tiesääasema.

MALLIN RAKENNE

Tulosten tilastollisen merkitsevyyden testaamiseen käytettiin loglineaarista mallia. Mallissa selitettävänä muuttujana oli henkilövahinko-onnettomuuksien määrä suhteessa vuotuisen ajoneuvokilometrimäärään. Selittävinä muuttujina x_i mallissa olivat kohde, kausi, ennen-jälkeen-muuttuja sekä vuotuinen trendi.

Mallin muoto: $E(HVJO) = SUOR e^{a+bx}$, jossa

HVJO = henkilövahinko-onnettomuuksien määrä vuodessa

SUOR = liikennesuorite miljoonaa ajoneuvokilometriä

Muuttujat x

x_1 = kohde

x_2 = kausi: talvi tai kesä

x_3 = ennen-jälkeen: muuttuva nopeusrajoitus

$x_4 = \ln(\text{vuotuinen trendi})$, jossa vuotuinen trendi = VUOS-1989 eli
1990=1, 1991=2 jne., VUOS= vuosi käyttöönotosta

jakaumaoletus: Poisson

ONNETTOMUUSRISKIT KOHTEITTAIN

Onnettomuusriskit (hvj-onn./10⁸ autokm) koeteillä ja vertailuteillä vastaavina ajanjaksoina sekä riskien suhteelliset muutokset.

Kohde	Kesä					Talvi				
	Koetie		Vertailutiet		Suht. muutos (%)	Koetie		Vertailutiet		Suht. muutos (%)
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen		Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	
Vt1, Lohjanharju-Sammatti	13,0	15,1	11,1	9,7	27,3	17,6	12,0	12,8	10,3	-18,1
Vt1, Salo-Suomusjärvi	11,3	7,6	10,7	9,8	-25,8	13,0	11,6	12,1	10,7	0,4
Vt1, Halikko-Paimio	8,2	5,4	10,5	10,3	-30,6	19,4	15,6	11,9	10,9	-14,4
Vt7, Pyhtää-Kotka	8,1	6,1	11,0	9,8	-9,1	15,9	10,3	12,8	10,3	-20,1
Vt4, Joutsa-Toivakka	7,9	11,6	8,1	7,6	53,6	12,9	17,1	9,5	9,5	33,0
Vt4, Jyväskylä-Äänekoski	9,6	8,0	11,1	9,8	-3,1	12,0	11,8	13,0	10,5	19,0
Vt9, Tampere-Orivesi	7,4	3,9	10,7	9,8	-35,4	8,1	7,5	12,1	10,9	7,3
Vt9, Jyväskylä-Hankasalmi	13,1	12,9	11,7	10,1	10,1	20,0	9,8	12,7	11,5	-44,7

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-154-1
TIEH 3200841